



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

# **BALANÇ GLOBAL DE LA IMPLANTACIÓ D'UNA CALDERA DE BIOMASSA PER A UN EQUIPAMENT PÚBLIC AMB FUSTA DE BOSCOS DE PROXIMITAT**

Treball final de grau  
Enginyeria Agrícola

Autor: David Andreu i Solà

Tutor: Gil Gorchs Altarriba

22 de setembre de 2016

# Resum

La biomassa forestal és un recurs natural molt abundant en un país com el nostre, amb una gran superfície forestal. La poca rendibilitat econòmica de la fusta ha fet que els boscos pateixin un abandonament que genera uns excedents de biomassa que aguditzen el risc d'incendi. Una manera de donar-los sortida és emprant-los com a combustible. D'aquesta forma es valoritzen els productes forestals a la vegada que es redueix la dependència a recursos energètics exteriors i contaminants, tot generant ocupació i fixant població al territori.

El present treball fa un balanç global de les conseqüències de substituir les calderes de gas natural de tres equipaments municipals situats en l'entorn del Parc del Turonet de Cerdanyola del Vallès per una caldera central de biomassa. El combustible utilitzat seria estella forestal provinent de boscos locals, de la Serra de Collserola.

La caldera que es proposa és la Heizomat RHK-AK de 500 kW de potència nominal, que per cobrir la demanda actual de 530.251 kWh/any consumiria unes 180 tones d'estella forestal. Per obtenir aquesta quantitat d'estella es necessitaria explotar unes 6 hectàrees de bosc cada any. Si també es vol subministrar l'estella de la caldera de biomassa, ja existent, del Complex Esportiu Can Xarau de Cerdanyola (amb un consum anual de 384 tones d'estella), en conjunt, farien falta 18 ha. Fent un aprofitament forestal amb torns de 20 anys, en total es gestionarien 364 ha de bosc.

Des del punt de vista econòmic s'estima que, amb l'estalvi fruit del canvi de combustible, la inversió feta en les instal·lacions s'amortitza relativament ràpid. Ambientalment, s'arriba a la conclusió que es podria deixar d'emetre més de 100 tones CO<sub>2</sub> cada any, a part d'afavorir el correcte manteniment dels boscos, reduint el risc d'incendi i les afectacions per fenòmens naturals. A nivell social, es valora que l'acció podria generar entre 1,6 i 3 llocs de treball, sumant els directes i els indirectes, i que a partir d'aquesta experiència es podria afavorir la consciència ambiental de la ciutadania. Per tant, globalment es conclou que desenvolupar aquest projecte és econòmicament viable i que té clars beneficis per l'entorn social i natural.

# Resumen

La biomasa forestal es un recurso natural muy abundante en un país como el nuestro, con una gran superficie forestal. La poca rentabilidad económica de la madera ha hecho que los bosques sufran un abandono que genera excedentes de biomasa que agudizan el riesgo de incendio. Una manera de darles salida es usándolos como combustible. De esta forma se valorizan los productos forestales a la vez que se reduce la dependencia a recursos energéticos exteriores y contaminantes, generando ocupación y fijando población al territorio.

El presente trabajo hace un balance de las consecuencias de sustituir las calderas de gas natural de tres equipamientos municipales situados en el entorno del Parc del Turonet de Cerdanyola del Vallès por una caldera central de biomasa. El combustible utilizado sería astilla forestal proveniente de bosques locales, de la Sierra de Collserola.

La caldera propuesta es la Heizomat RHK-AK de 500 kW de potencia nominal, que para cubrir la demanda actual de 530.251 kWh/año consumiría unas 180 toneladas de astilla forestal. Para obtener esta cantidad de astilla se necesitaría explotar unas 6 hectáreas de bosque cada año. Si también se quiere suministrar la astilla de la caldera de biomasa, ya existente, del Complejo Deportivo Can Xarau de Cerdanyola (con un consumo anual de 384 toneladas de astilla), en conjunto, harían falta 18 ha. Haciendo un aprovechamiento forestal con turnos de 20 años, en total se gestionarían 364 ha de bosque.

Desde el punto de vista económico se estima que, con el ahorro fruto del cambio de combustible, la inversión hecha en las instalaciones se amortiza relativamente rápido. Ambientalmente, se llega a la conclusión de que se podría dejar de emitir más de 100 toneladas de CO<sub>2</sub> cada año, aparte de favorecer el correcto mantenimiento de los bosques, reduciendo el riesgo de incendio y las afectaciones por fenómenos naturales. A nivel social, se valora que la acción podría generar entre 1,6 y 3 puestos de trabajo, sumando los directos y los indirectos, y que a partir de esta experiencia se podría favorecer la conciencia ambiental de la ciudadanía. Por lo tanto, globalmente se concluye que desarrollar este proyecto es económicamente viable y que tiene claros beneficios para el entorno social y natural.

# Abstract

Catalonia's large surface area of forest provides it with a plentiful source of forest biomass. Due to the low profitability of lumber, forests have been abandoned; this neglect has resulted in surplus biomass, heightening the risk of forest fires. One means of reducing this threat is to use biomass as a source of fuel. Doing so would increase the forests' monetary value, reduce dependence on external and polluting sources of energy, and create employment for the local population.

This paper considers the consequences of replacing the natural gas boilers on three facilities located around the Parc del Turonet in Cerdanyola del Vallès with a single, centralised biomass boiler, fueled by wood chips from the nearby Collserola Sierra forests.

The boiler proposed is the 500 kW nominal power Heizomat RHK-AK. In order to meet an annual demand of 530.251 kWh, it would require 180 tons of wood chips, entailing the logging of 6 hectares of forest a year. An additional possibility is to supply the biomass boiler that already exists as a part of the Can Xarau sport facility in Cerdanyola, which itself consumes 384 tons of wood chips a year. In total, this would entail the annual logging of 18 ha of forest. Thus, if harvests occur on a 20-year rotation, the project will place a total of 365 ha of forest under management.

From an economic standpoint, it is estimated that the investment made in the heating system will be paid off rapidly by the savings made on the change of fuel. Environmentally speaking, the plan is projected to reduce CO<sub>2</sub> emissions by 100 tons a year, promote correct forest management, and reduce the risk of forest fires and the effects of other natural disasters. From a social point of view, this project will generate between 1,6 and 3 full-time jobs, including both direct and indirect jobs. Further, this experience may contribute to increasing locals' environmental awareness. As such, this paper concludes that the project is economically viable, and has clear social and environmental benefits.



# Índex

Índex de figures.....	6
Índex de taules.....	7
Acrònims.....	8
1 Introducció.....	9
1.1 Què és la biomassa forestal?.....	9
1.2 Disponibilitat de biomassa forestal a Catalunya.....	9
1.3 Aplicació energètica de la biomassa .....	11
1.4 Estella.....	14
1.5 Dependència energètica a Catalunya.....	16
2 Objectius.....	19
3 Instal·lacions actuals i necessitat de calor .....	20
4 Proposta d'instal·lacions.....	24
4.1 Proposta de caldera.....	24
4.2 Sistema de calefacció de districte.....	27
4.2.1 Central Tèrmica.....	27
4.2.2 Xarxa de distribució.....	29
4.2.3 Punts de consum.....	31
5 Necessitats d'estella.....	32
6 Potencial de producció de biomassa a Collserola.....	33
6.1 Aspectes administratius de la Serra de Collserola.....	33
6.2 Potencial forestal de la Serra de Collserola.....	36
7 Balanç econòmic.....	41
7.1 Estalvi econòmic del consum d'estella forestal respecte el gas natural.....	41
7.2 Cost d'implantar una calefacció de districte.....	43
8 Balanç ambiental.....	45
8.1 Canvi de combustible.....	45
8.2 Estella forestal producte de la gestió de boscos de proximitat.....	46
9 Balanç social.....	49
9.1 Creació d'ocupació.....	49
9.2 Inclusió sociolaboral.....	50
9.3 Patrimoni natural.....	50
9.4 Educació ambiental.....	51
10 Conclusions.....	52
11 Referències bibliogràfiques.....	53
Annex A: Càlculs Balanç econòmic.....	56

## Índex de figures

Composició dels boscos de Catalunya en funció del diàmetre normal del tronc dels seus arbres.....	10
Estella forestal.....	12
Pèl·lets per a calderes de biomassa amb certificat ENPLUS-A1. ....	12
Briquetes de biomassa embalades.....	13
Preus de biomasses a Espanya, 2n trimestre 2016.....	14
Classificació de l'estella en funció de la humitat segons les normes UNE-CEN/TS 14961 i ÖNORM 7133 (b.h.: base humida).....	15
Classificació de l'estella en funció granulometria segons la norma UNE-CEN/TS 14961.....	15
Classificació de l'estella en funció granulometria segons la norma ÖNORM 7133.....	15
Evolució de la dependència energètica de Catalunya en els escenaris IER (Intensiu en Eficiència energètica i energies Renovables) i BASE (comportament tendencial, sense noves polítiques energètiques).....	16
Estructura del consum d'energia final a Catalunya per fonts d'energia l'any 2009.....	17
Desglossament del consum d'energies renovables l'any 2020 segons l'escenari IER (Intensiu en Eficiència energètica i energies Renovables).....	18
Situació de Cerdanyola del Vallès.....	20
Situació del Parc del Turonet de Cerdanyola del Vallès.....	21
Situació dels equipaments municipals del Parc del Turonet de Cerdanyola del Vallès.....	22
Registre de temperatures mitjanes mensuals a Cerdanyola del Vallès.....	23
Consum global de la Zona Esportiva, CEIP Collserola i CEIP Carles Buïgas (mitjana mensual del període 2014-15).....	23
Especificacions tècniques de la caldera Heizomat RHK-AK 500.....	26
Esquema de la composició de les calderes Heizomat RHK-AK.....	27
Situació dels equipaments municipals i proposta d'emplaçament de la central tèrmica.....	28
Proposta d'emplaçament de la sitja i la sala de la caldera.....	29
Canonada preaïllada de polietilè reticulat.....	30
Esquema de la xarxa de distribució.....	30
Intercanviador de calor de la instal·lació tèrmica del Complex Esportiu Can Xarau de Cerdanyola del Vallès.....	31
Mapa dels termes municipals del Parc de Collserola.....	33
Mapa de les finques públiques del Parc de Collserola.....	34
Distribució de les parcel·les forestals de Collserola del terme municipal de Cerdanyola del Vallès segons la seva superfície.....	35
Pes en superfície de les parcel·les forestals de Collserola del terme municipal de Cerdanyola del Vallès segons la seva superfície.....	35
Mapa del Parc de Collserola amb la superfície arbrada (en verd) i els límits municipals.....	36

Superfície del Parc de Collserola distribuïda en 5 categories segons la seva naturalesa, per municipis.....	37
Distribució per pendents de les classificacions per cobertes del Parc de Collserola.....	38
Distribució de les comunitats vegetals al Parc de Collserola.....	38
Factors d'emissió considerats en el sector domèstic i comercial per a diferents combustibles (PM10: partícules de diàmetre 2,5-10 µm; BaP: Benzo(a)pirè; GLP: Gas Liqueat del Petroli). .	45
Pins tombats per una ventada l'any 2009.....	47
Panell informatiu a la central tèrmica municipal de biomassa d'Aiguafreda.....	51

## Índex de taules

Característiques de diferents tipus de biocombustibles.....	13
Evolució dels consums d'energia a Catalunya segons la font, i previsió de l'escenari IER.....	17
Potència i consum de les calderes de gas natural dels equipaments (període 2014-15).....	22
Estalvi anual pel consum d'estella respecte gas natural.....	42
Anys necessaris per amortitzar el sobrecost d'una caldera d'estella respecte una de gas natural (500 kW).....	42
Anys necessaris per amortitzar una calefacció de districte de biomassa de 350.000 €.....	43
Emissions de CO2 a causa del transport de l'estella forestal en funció de la distància.....	48

# Acrònims

ACS: Aigua calenta sanitària

AVEBIOM: Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa

BFP: Biomassa forestal primària

BH: Base humida

CEN: Comitè Europeu de Normalització

CFC: Consorci Forestal de Catalunya

CPF: Centre de la Propietat Forestal

CPNSC: Consorci del Parc Natural de la Serra de Collserola

CREAF: Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals

CTFC: Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

DIBA: Diputació de Barcelona

DMAH: Departament de Medi Ambient i Habitatge

FEMPA: Federació d'Empresaris del Metall de la província d'Alacant

GEH: Gasos d'efecte hivernacle

GLP: Gas Liquefiet del Petrol

ICAEN: Institut Català de l'Energia

IDAE: Institut per a la Diversificació i Estalvi d'Energia

IER: escenari Intensiu en Eficiència energètica i energies Renovables

IFN: Inventari Forestal Nacional

PCI: Poder calorífic inferior

PM10: (de l'anglès *Particular Matter*) partícules sòlides o líquides disperses a l'atmosfera amb un diàmetre d'entre 2,5 i 10 µm

PTGMF: Pla tècnic de gestió i millora forestal

# 1 Introducció

## 1.1 Què és la biomassa forestal?

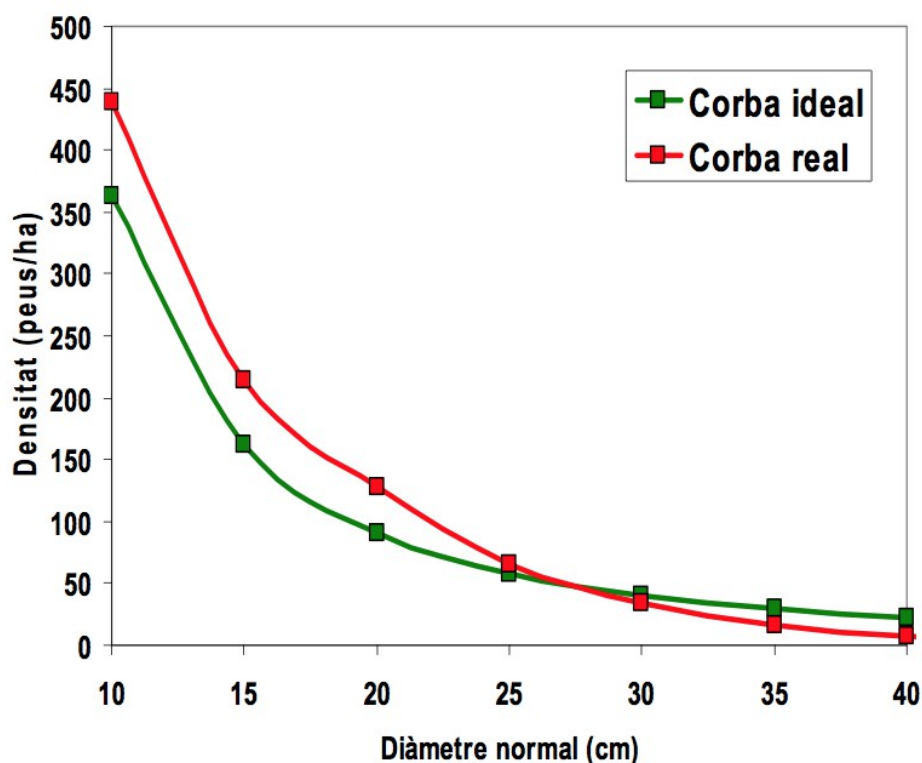
Biomassa és un terme molt ampli que pot referir-se a qualsevol matèria orgànica, ja sigui d'origen vegetal o animal. En l'àmbit energètic, es pot trobar biomassa de molt orígens: forestal, agrícola, del sector ramader i agroalimentari, residual o dels cultius energètics, destinats directament a l'obtenció d'energia.

Segons el CFC (2016), es considera biomassa d'origen forestal o biomassa forestal primària (BFP) tots els productes i restes que provenen dels treballs de manteniment i millora de les masses forestals, de les tallades de peus fusters per a ús comercial i dels subproductes generats per les indústries de transformació de la fusta (serradures, escorces, estelles, encenalls, etc.).

## 1.2 Disponibilitat de biomassa forestal a Catalunya

El Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya, de l'any 2005, indicava que dels més de 3 milions d'hectàrees, la superfície forestal catalana era de 2.036.574 ha (un 63 % del total), 1.319.411 ha de les quals són boscos. Per tant, la superfície forestal arbrada representa el 41 % de la superfície total de Catalunya. La poca rendibilitat econòmica que actualment tenen les explotacions forestals provoca un abandonament progressiu dels boscos, cosa que fa que una gran part d'aquests estigui subexplotada. Comparant els Inventaris Forestals Nacionals del 1990 (IFN2) i el del 2001 (IFN3) es constata que l'increment del volum de fusta amb escorça és del 23 % i l'acumulació de biomassa és de gairebé 2 milions de m<sup>3</sup>/any (CFC 2016).

La indústria fustera genera productes de més valor que l'ús energètic de la biomassa (desenrotllament, serra, embalatge, etc.), cosa que permet donar un major rendiment econòmic al bosc i, a més, mantenir el CO<sup>2</sup> capturat en forma de fusta en comptes d'alliberar-lo a l'atmosfera. No obstant, la realitat és que dels 5,6 milions de m<sup>3</sup> de fusta que Catalunya va consumir l'any 2008, només un 10 % provenia dels seus boscos. Una explicació d'aquest fet és que actualment els boscos catalans tenen una composició poc adequada per a la indústria fustera (Figura 1): els arbres són massa petits i no tenen dimensions tecnològiques aptes per a la demanda del mercat actual (majors de 17,5 cm de diàmetre normal). Això fa que no sigui viable econòmicament treure'ls del bosc (Solanes *et al.* 2010).



*Figura 1: Composició dels boscos de Catalunya en funció del diàmetre normal del tronc dels seus arbres.*

*Font: Famadas 2012.*

Per tant, donades aquestes circumstàncies, sembla que donar un ús energètic a la biomassa sigui una molt bona opció: permet valoritzar molta fusta que d'altra manera no té sortida comercial i evita l'abandonament del bosc, reduint l'acumulació de biomassa i el risc d'incendis.

De totes maneres, no tota la biomassa acumulada als boscos es pot aprofitar: segons el CFC (2016), les principals limitacions tècniques per a la seva explotació són:

- El pendent del bosc: no pot ser superior al 100 %, tant pel risc d'erosió com per les dificultats d'accessibilitat de la maquinària.
- La distància a camí: les zones accessibles són aquelles que estan a una distància limitada del camí d'accés (en funció del pendent i la maquinària).
  - 400 m per pendents menors al 30 % (pot entrar maquinària, com l'autocarregador, dins el bosc).
  - 70 m per pendents entre 30 i 60 % (s'utilitza el tractor amb cabrestant o l'skidder).

- 35 m per pendents entre 60 i 100 % (s'acostuma a treballar només pendent avall, un sol costat del camí, arrossegant la fusta cap amunt amb el cabrestant, els cables del qual solen ser de 70 m).
- El recobriment de capçades: no s'han d'explotar boscos amb un recobriment de capçades inferior al 70 % per evitar el risc d'erosió.

Així doncs, centrant-se només en les superfícies explotables, segons Famadas (2012), el creixement del bosc (dels troncs) és de 1.624.000 m<sup>3</sup>/any, dels quals únicament se n'aprofita el 38 %, 614.000 m<sup>3</sup> (dades de l'any 2008). Per tant, els excedents anuals són d'aproximadament 1.000.000 m<sup>3</sup>.

### 1.3 Aplicació energètica de la biomassa

La biomassa és energia acumulada que sempre té com a origen primer la llum solar, transformada a través de la fotosíntesi i emmagatzemada com a energia química en els teixits vegetals. A partir d'aquí, altres éssers vius, vegetals o animals, la transformen i la consumeixen. Hi ha molts tipus de biomassa, com també hi ha molts mètodes d'aprofitament. Pel què fa a la BFP, la tecnologia actual permet transformar-la en energia tèrmica, elèctrica i mecànica. Els mètodes de transformació usats per obtenir aquestes energies són termoquímics, bioquímics i químics. Les calderes funcionen per combustió, que juntament amb la gasificació i la piròlisi són els diferents mètodes termoquímics de transformació de la biomassa. La combustió es basa en sotmetre la biomassa a temperatures d'entre 600 i 1.300°C, amb excés d'oxigen. La biomassa s'oxida completament i s'obtenen gasos calents, que és el que s'aprofita per generar energia. Aquest gasos es poden usar per escalfar aigua amb finalitats tèrmiques, ja sigui a nivell domèstic o industrial, o també per generar energia elèctrica. Però en aquest darrer cas, es necessita una tecnologia molt més sofisticada.

Històricament, la biomassa forestal primària s'ha usat amb finalitats energètiques directament, sense sotmetre-la a cap procés d'adequació, cremant llenya en llars de foc o estufes. Actualment, però, de cara a poder utilitzar la biomassa com a combustible, es creen bàsicament tres tipus de productes: estella, pèl·let i briqueta.

L'estella és el producte més simple, elaborat mitjançant la trituració de la BFP. És adequat en cas de grans consums energètics, ja que, com mostra la Figura 5, el seu preu és menor i això permet amortitzar fàcilment la inversió inicial que requereix. L'estella és especialment indicada quan la distància entre el punt d'obtenció i el de consum és curta, ja que d'altra manera, en ser un producte de poca densitat genera moltes despeses de transport.



*Figura 2: Estella forestal.*

*Font: Quercusenergy\*.*

Els pèl·lets són un producte més elaborat, cilindres obtinguts de comprimir trossets de fusta com serradures o altres elements vegetals. És més homogeni i estandarditzat, les seves dimensions oscil·len entre 1 i 6 cm de longitud i 0,6 i 2 cm de diàmetre, i, en tenir una densitat més alta que l'estella, té un major poder calorífic: entre 4,6 i 5,3 kWh/kg (CFC 2016). No obstant, el seu cost també és més elevat, però té millors característiques de cara al transport, l'emmagatzematge, el subministrament, la dosificació, etc. Això fa que el pèl·let sigui un biocombustible molt bo per a l'ús domèstic, tot i que es necessita estufes i calderes específiques per a aquest tipus de producte.



*Figura 3: Pèl·lets per a calderes de biomassa amb certificat ENPLUS-A1.*

*Font: Pellet Enplus\*\*.*

\* <http://www.quercusenergy.es/>

\*\* <http://www.pelletenplus.es/noticias/News/show/primeros-comercializadores-certificados-enplus-255>



Les briquetes són també un aglomerat com els pèl·lets, però en aquest cas de majors dimensions, d'entre 5 i 50 cm de longitud i 5 i 13 cm de diàmetre, i amb un poder calorífic també superior (CFC 2016). S'acostumen a usar com a substitut de la llenya, amb un major preu, però també comoditat, i es poden cremar en llars de foc i estufes comuns. S'empren tant en l'àmbit domèstic com l'industrial, però el seu ús està menys estès que el de l'estella o els pèl·lets.



*Figura 4: Briquetes de biomassa embalades.*

*Font: Energía Extremadura\*.*

En la Taula 1 es pot veure un resum comparatiu d'algunes de les seves propietats.

*Taula 1: Característiques de diferents tipus de biocombustibles.*

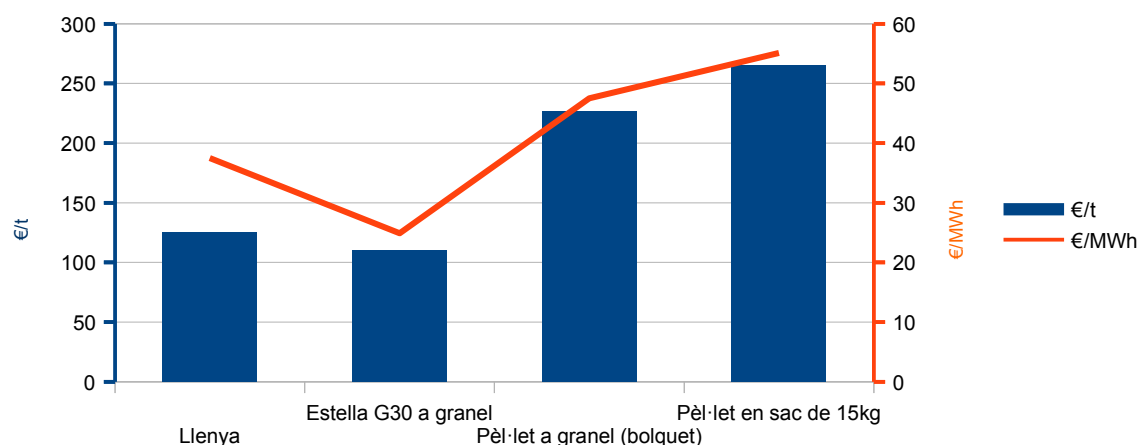
	<b>Estella</b>	<b>Pèl·let</b>	<b>Briqueta</b>
Poder calorífic	★	★★★★	★★★★
Transport	★	★★★★	★★★★
Preu	★★★★	★	★★
Ús domèstic	★	★★★★	★★★★
Ús industrial / col·lectiu	★★★★	★★	★★
Subministrament/dosificació	★	★★★★	★★

★ = poc favorable

★★ = mitjanament favorable

★★★★ = molt favorable

\* <https://energiaextremadura.files.wordpress.com/2015/02/briquetas-de-madera.jpg?w=705>



**Figura 5:** Preus de biomasses a Espanya, 2n trimestre 2016.

Font: elaboració pròpia a partir de dades d'AVEBIOM i IDAE.

## 1.4 Estella

L'estella és un material orgànic obtingut per la fragmentació (estellat) de biomassa forestal, formada generalment per fusta i escorça. El seu poder calorífic (quantitat de calor despresa per la combustió d'1 kg de combustible a una pressió d'1 bar) depèn sobretot del grau d'humitat en el moment de combustió. La humitat de la fusta assecada a l'aire lliure és aproximadament del 30 % (en base humida). En aquestes condicions, el poder calorífic és d'entre 3.000 i 3.300 kcal/kg, en funció de l'espècie vegetal. Un altre factor clau són les dimensions de l'estella. La longitud oscil·la entre els 2 i els 10 cm, mentre que l'amplada va dels 2 als 6 cm i el gruix sol ser d'uns 2 cm. La seva superfície específica i la seva densitat aparent són inversament proporcionals a la seva mida, però el cost del procés d'estellat també augmenta com més petita i homogènia sigui l'estella que es busqui (CFC 2016).

La normativa que regeix la classificació de l'estella elaborada pel Comitè Europeu de Normalització (CEN) és l'EN 14961 Biocombustibles sòlids. Especificacions i classes de combustibles. L'estat espanyol l'ha adoptat amb la norma espanyola UNE-EN 14961-1. No obstant, pel fet que moltes calderes provenen d'Àustria, molt freqüentment s'usa la classificació austríaca, l'ÖNORM M 7133 Estelles de fusta per a la producció energètica. En les següents figures se'n poden observar, de manera comparada, aquestes dues principals categoritzacions: la humitat i la granulometria.

Humitat	UNE-CEN/TS 14961	ÖNORM 7133
10% b.h.	M20 (humitat igual o inferior al 20% b.h.)	W20 (humitat inferior al 20%)
15% b.h.		
20% b.h.		
25% b.h.	M30 (humitat igual o inferior al 30% b.h.)	W30 (humitat entre el 20% i el 30% b.h.)
30% b.h.		
35% b.h.		
40% b.h.	M40 (humitat igual o inferior al 40% b.h.)	W35 (humitat entre el 30 i el 35% b.h.) W40 (humitat entre el 35 i el 40% b.h.)
45% b.h.		
50% b.h.		
55% b.h.	M55 (humitat igual o inferior al 55% b.h.)	W50 (humitat entre el 40 i el 50% b.h.)
60% b.h.		
65% b.h.		
	M65 (humitat igual o inferior al 65% b.h.)	

**Figura 6:** Classificació de l'estella en funció de la humitat segons les normes UNE-CEN/TS 14961 i ÖNORM 7133 (b.h.: base humida).

Font: CFC 2016.

	Rangs de granulometria			Valors màxims permesos
	Fracció fina (màx 5%)	Fracció principal (mín. 80%)	Fracció grossa (màx 1%)	Longitud
P16	< 1 mm	3,15-16 mm	> 45 mm	< 8,5 cm
P45	< 1 mm	3,15-45 mm	> 63 mm	
P63	< 1 mm	3,15-63 mm	> 100 mm	
P100	< 1 mm	3,15-100 mm	> 200 mm	

**Figura 7:** Classificació de l'estella en funció granulometria segons la norma UNE-CEN/TS 14961.

Font: CFC 2016.

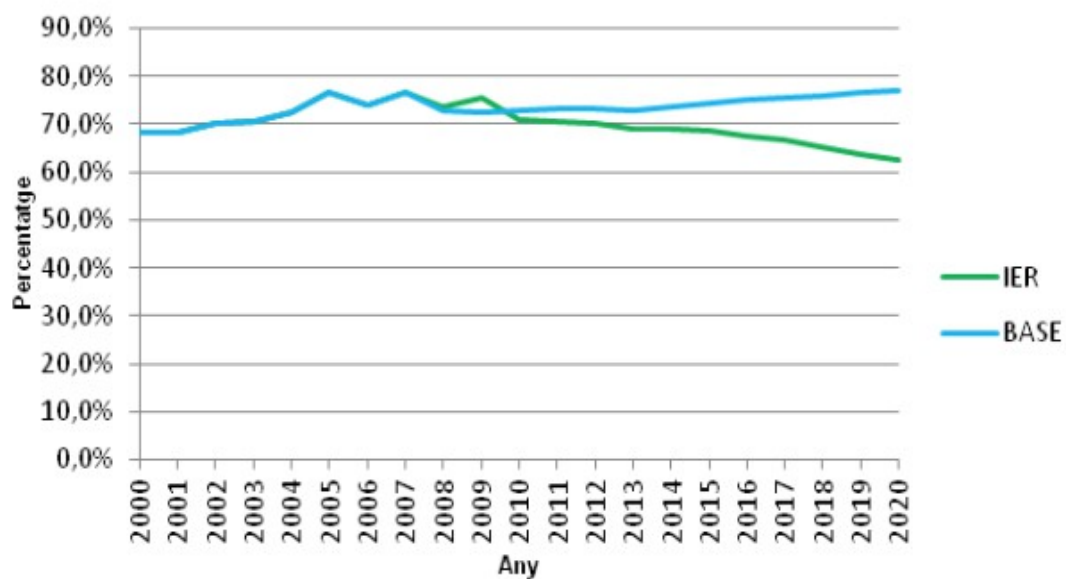
	Rangs de granulometria				Valors màxims permesos	
	màx 20%	60-100%	màx 20%	màx. 4%	Secció màxima	Longitud
G30	> 16 mm	16-2,8 mm	2,8-1 mm	< 1 mm	3 cm <sup>2</sup>	8,5 cm
G50	>31,5 mm	31,5-5,6 mm	5,6-1 mm	< 1 mm	5 cm <sup>2</sup>	12 cm
G100	> 63 mm	63-11,2 mm	11,2-1 mm	< 1 mm	10 cm <sup>2</sup>	25 cm

**Figura 8:** Classificació de l'estella en funció granulometria segons la norma ÖNORM 7133.

Font: CFC 2016.

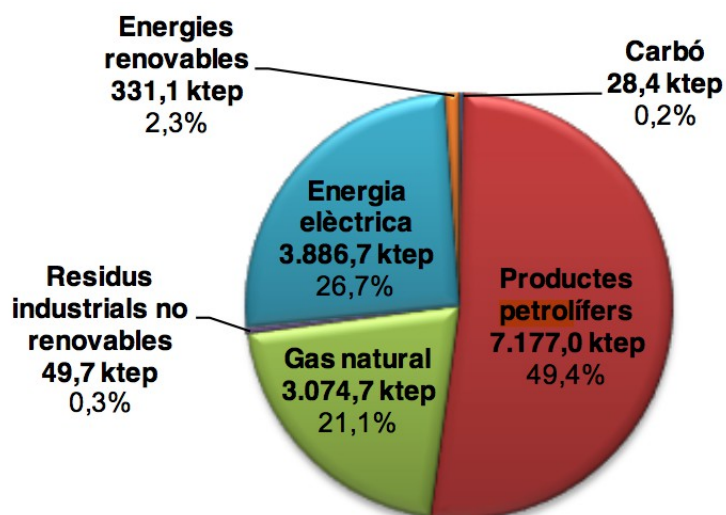
## 1.5 Dependència energètica a Catalunya

Catalunya és molt dependent energèticament de l'exterior: com indica la Figura 9, al voltant del 70 % de l'energia consumida és importada. En la Figura 10 es veu com la meitat del consum energètic es basa en derivats del petroli i una cinquena part en el gas natural. Aquest dos combustibles fòssils, a part d'importats, no són renovables i generen emissions de gasos contaminants.



**Figura 9:** Evolució de la dependència energètica de Catalunya en els escenaris IER (Intensiu en Eficiència energètica i energies Renovables) i BASE (comportament tendencial, sense noves polítiques energètiques).

Font: ICAEN 2012.



**Figura 10:** Estructura del consum d'energia final a Catalunya per fonts d'energia l'any 2009.

Font: ICAEN 2012.

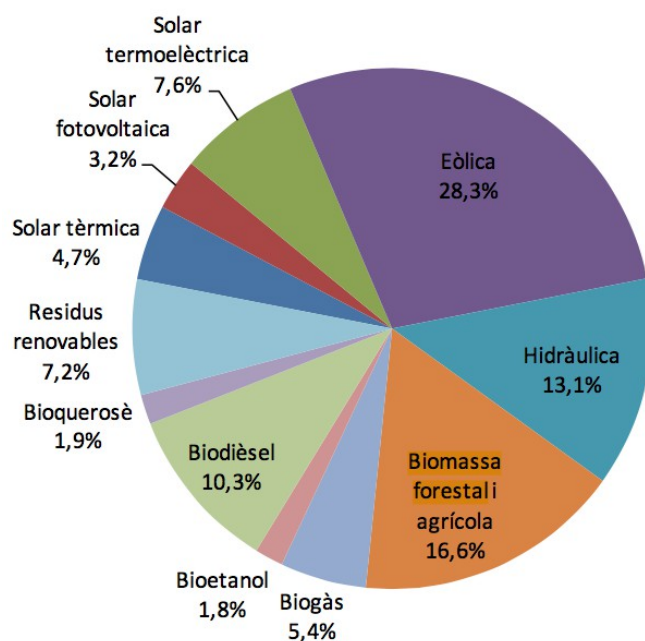
Les energies renovables i de proximitat, a part de millorar les condicions ambientals de l'entorn local i global, són, a la vegada, una oportunitat per reduir la dependència als recursos energètics internacionals i, per tant, tenir una economia menys exposada a les fluctuacions dels preus d'aquests. El seu pes, respecte el total d'energia consumida, ha anat en augment i les previsions apunten que encara ho farà més en el futur (Taula 2).

**Taula 2:** Evolució dels consums d'energia a Catalunya segons la font, i previsió de l'escenari IER (Intensiu en Eficiència energètica i energies Renovables).

Font: elaboració pròpia a partir de dades de l'ICAEN (2012).

	2007		2009		2015		2020	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%
<b>Renovables</b>	521	3	826	5	1688	10	3009	17
<b>No renovables</b>	16397	97	14974	95	14912	90	15091	83
<b>Total</b>	16918	100	15800	100	16601	100	18100	100

En la Figura 9 es pot observar com han afectat, a la dependència energètica de Catalunya, els darrers anys, les polítiques d'estalvi i eficiència energètica i de promoció de les energies renovables, així com les projeccions de futur. L'escenari Base correspon a un escenari de comportament tendencial, on no es duen a terme noves polítiques en matèria d'energia des de l'any 2008. L'escenari IER (Intensiu en Eficiència energètica i energies Renovables) correspon a l'escenari aposta (Escenari E4) de la Prospectiva Energètica de Catalunya 2030 (ICAEN 2012).



**Figura 11:** Desglossament del consum d'energies renovables l'any 2020 segons l'escenari IER  
(Intensiu en Eficiència energètica i energies Renovables).

Font: ICAEN 2012.

En el Pla de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020 de la Generalitat de Catalunya dues prioritats principals són avançar en l'estalvi i eficiència energètica i la maximització de l'aprofitament de les energies renovables. L'ús de la biomassa amb finalitats energètiques encaixa perfectament amb aquests dos objectius. Per una banda es passa de consumir combustibles fòssils a consumir biomassa, un combustible renovable i amb molta presència al nostre país. I per altra banda, la substitució de les calderes és una oportunitat per modernitzar els sistemes energètics, fet que possibilita un estalvi ja que les noves generacions d'aparells i instal·lacions són, generalment, més eficients que les antigues. Les previsions per a l'any 2020 és que més d'un 16 % de les energies renovables consumides a Catalunya sigui biomassa d'origen forestal o agrícola (Figura 11).

## 2 Objectius

L'objectiu d'aquest treball consisteix en fer un balanç global de la implantació d'una caldera d'estella per subministrar calefacció i aigua calenta sanitària a tres equipaments municipals de Cerdanyola del Vallès que actualment compten amb calderes de gas natural. L'estella consumida serà de biomassa provinent de treballs forestals de la Serra de Collserola. Els equipaments són la Zona Esportiva Municipal Les Fontetes, el CEIP Collserola i el CEIP Carles Buïgas.

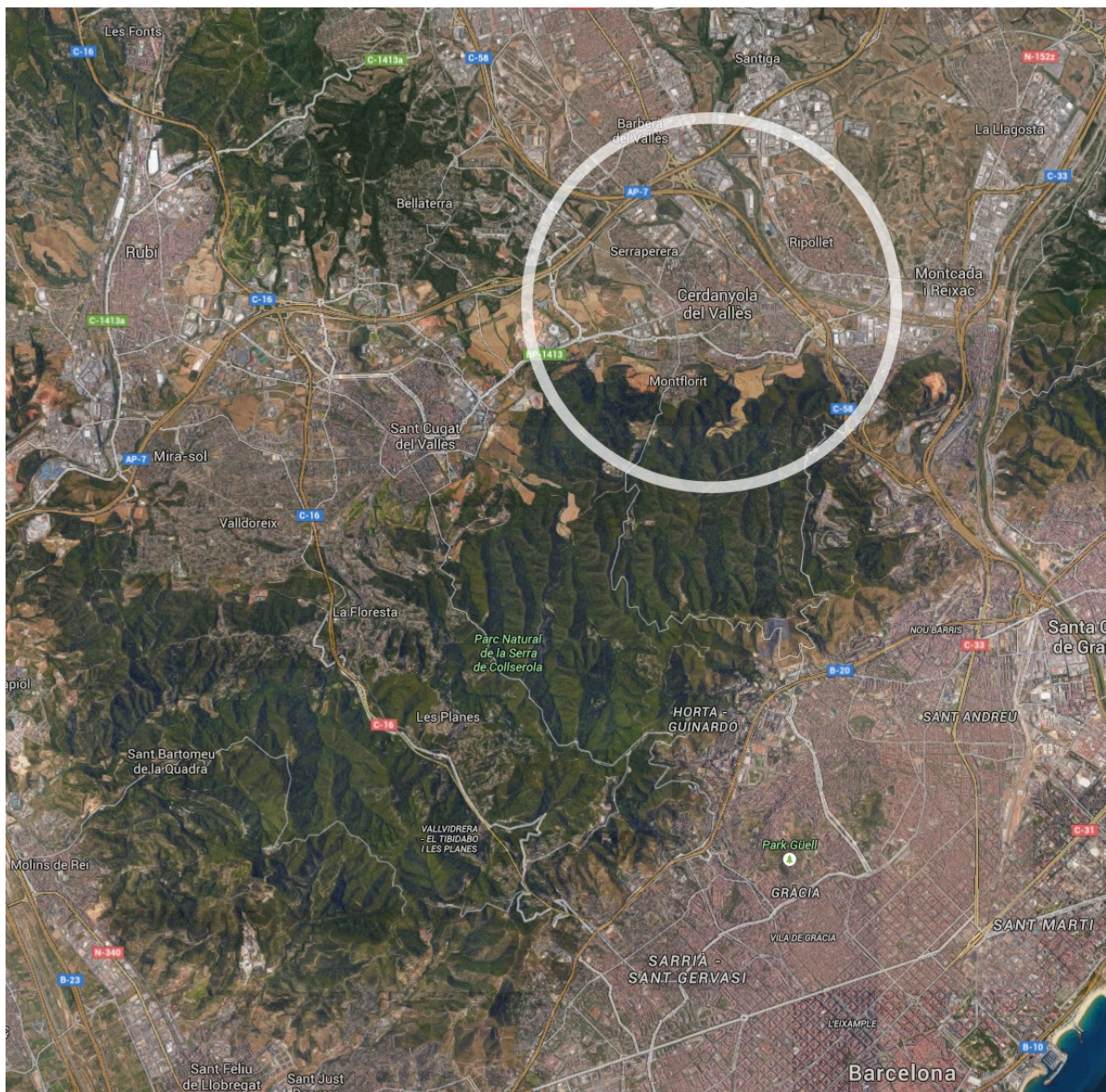
Concretament, s'analitzaran els beneficis d'utilitzar biomassa provinent de treballs forestals com a recurs energètic des dels punts de vista econòmic, ambiental i social:

- **Econòmicament**, es pretén calcular l'estalvi que suposa consumir estella forestal enlloc de gas natural. En aquest càlcul també s'ha de tenir en compte el cost estimat de la implantació de la instal·lació energètica.
- **Ambientalment**, per una banda, es vol quantificar la reducció d'emissions contaminants fruit del canvi de combustible. Per altra banda, es vol fer una valoració qualitativa de les conseqüències de l'actuació sobre els boscos.
- **Socialment**, es pretén avaluar quin impacte podria tenir sobre la població el conjunt d'accions que proposa aquest projecte.



### 3 Instal·lacions actuals i necessitat de calor

En l'entorn del Parc del Turonet de Cerdanyola del Vallès hi ha tres equipaments municipals: la Zona Esportiva Municipal Les Fontetes, el CEIP Collserola i el CEIP Carles Buïgas (Figura 14). Les tres instal·lacions, situades en un radi de 250 m, compten amb una o dues calderes de gas natural cadascuna per satisfer les necessitats de calefacció i d'aigua calenta sanitària (ACS). En el cas de la Zona Esportiva i l'escola Collserola també disposen de plaques solars tèrmiques.



*Figura 12: Situació de Cerdanyola del Vallès.*

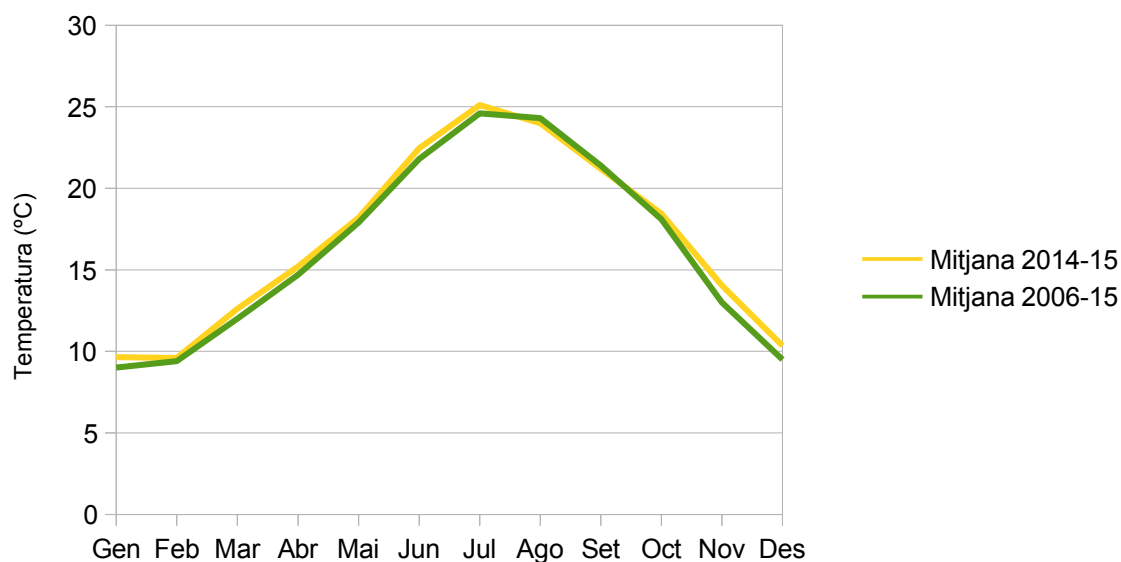




**Figura 13:** Situació del Parc del Turonet de Cerdanyola del Vallès.



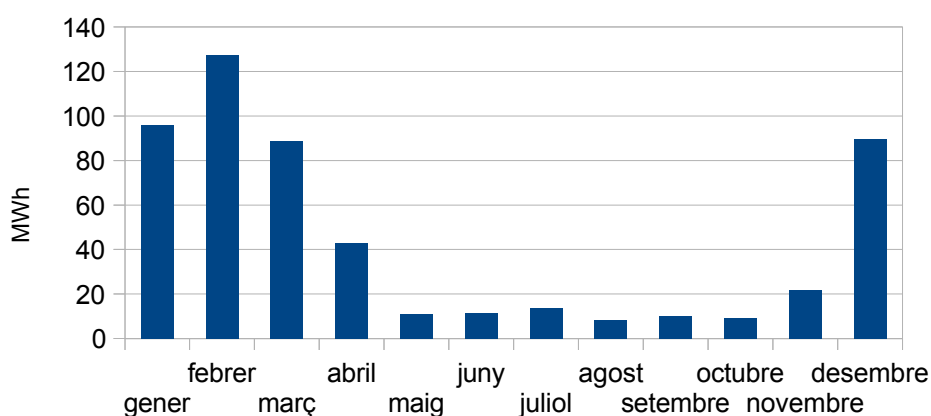




**Figura 15:** Registre de temperatures mitjanes mensuals a Cerdanyola del Vallès.

Font: elaboració pròpia a partir de dades Meteocerdanyola.

Com es pot observar a la Figura 16 el consum difereix molt en funció de l'època de l'any, cosa esperable ja que la major part del consum és per calefacció i aquesta és necessària només durant uns mesos: aproximadament, de novembre a abril. Les necessitats d'ACS, que, malgrat puguin variar mensualment són presents durant tot l'any, fan que com a mínim es tinguin uns consums mensuals d'uns 8 MWh, per exemple, a l'agost. En l'extrem oposat, s'observa que al febrer el consum arriba a ser de quasi 130 MWh.



**Figura 16:** Consum global de la Zona Esportiva, CEIP Collserola i CEIP Carles Buïgas (mitjana mensual del període 2014-15).

Font: elaboració pròpia a partir de dades facilitades per l'Ajuntament de Cerdanyola del Vallès.

## 4 Proposta d'instal·lacions

### 4.1 Proposta de caldera

Com ja s'ha exposat, aquest projecte consisteix en substituir les calderes actuals de gas natural de tres equipaments municipals de Cerdanyola del Vallès per una caldera central alimentada amb biomassa de proximitat. En aquest cas, s'ha optat per una **caldera d'estella**, seguint els criteris d'elecció que anteriorment s'han vist a la Taula 1: l'estella és més econòmica i fàcil de produir que no pas el pèl·let, i en ser de proximitat (de treballs forestals de la Serra de Collserola) les despeses de transport (que és un dels punts dèbils de l'estella) són mínimes. El gran volum de consum (més de 500 MWh/any) justifiquen una instal·lació de tipus industrial i no domèstic, la inversió de la qual serà amortitzada amb l'estalvi que suposa l'estella respecte altres combustibles.

La caldera estarà connectada per una xarxa de canonades amb els diferents equipaments als que dona servei. Aquest sistema centralitzat, denominat **calefacció de districte** o *district heating*, permet optimitzar els recursos i augmentar l'eficiència.

Com que les demandes energètiques de cada equipament són fluctuants, si cada un ha de fer front als pics de demanda amb una caldera pròpia, aquesta s'ha de dimensionar per poder donar resposta a aquest moments puntuals, fet que suposa un sobredimensionament. Centralitzant, s'aconsegueix que els consums es compensin (ja que els pics de consum de cada equipament rarament són del tot coincidents en el temps) i llavors es pugui ajustar més la potència de la caldera al funcionament mitjà.

Reduint el nombre d'equips també baixa el cost: és més econòmic comprar i instal·lar una caldera de major potència que dues amb la meitat de potència. I, en general, les calderes de més potència també tenen un millor rendiment. Un perill de tenir una sola caldera és que en cas d'avaria tots els consumidors es queden sense subministrament. Això es pot solucionar de diverses maneres. En instal·lacions que substitueixen antigues calderes, el que es fa sovint és mantenir-les per poder usar-les en moments puntuals, com avaries o pics de demanda que sobrepassin la capacitat de la nova caldera. Quan és una instal·lació nova es pot optar per tenir dues calderes que sumades tinguin la potència necessària, així en cas que una s'espatlli, almenys l'altra caldera pot oferir un mínim de servei. En el cas estudiat, com que ja hi ha calderes de gas natural, el millor és mantenir-les pels motius exposats (en els casos en què n'hi ha dues, es podria mantenir només una de les dues calderes).

Si bé la distància entre la font de calor i el punt de consum pot semblar un inconvenient per les pèrdues de calor, amb un bon sistema de canonades (amb un aïllament adequat) es pot garantir una pèrdua d'un sol grau centígrad per cada quilòmetre (Vallès 2016).

Per dimensionar la caldera s'ha d'assegurar que podrà afrontar els pics de consum. Segons la Figura 16, al mes de febrer s'arriba a consumir quasi 130 MWh. Si dividim aquesta energia entre les hores de consum, obtenim la potència necessària. Les hores s'han estimat suposant que funciona 14 h al dia i 20 dies al mes (280 h/mes).

Potència necessària de la caldera de biomassa:

$$\frac{130.000 \text{ kWh}}{280 \text{ h}} = 464 \text{ kW}$$

Segons aquest càlcul, una **caldera de 500 kW** de potència nominal seria suficient per cobrir les necessitats de calor en el mes de màxim consum. Malgrat que el sistema de calefacció i ACS funciona amb acumuladors que doten d'una inèrcia considerable que esmorteix les puntes de demanda, si, tot i així, en algun moment la caldera no té prou capacitat, es podria activar alguna de les calderes de gas actuals, que, com ja s'ha dit, es mantindran instal·lades.


Les plaques solars tèrmiques presents a la Zona Esportiva i al CEIP Collserola, malgrat ser una bona mesura d'estalvi i d'aprofitament d'energia solar, s'han obviat en el càlcul del dimensionament. El motiu és que en ser un recurs energètic de disponibilitat fluctuant (en funció de la radiació solar de cada moment) no es pot garantir que durant els pics de demanda les plaques tinguin radiació solar suficient com per funcionar. No obstant, en un període de temps més llarg, sí que es pot admetre que les plaques generen un estalvi energètic, en aquest cas, reducció del consum de biomassa, que es podria arribar a tenir en compte, per exemple, de cara al dimensionament de la sitja de l'estella.

La caldera, doncs, ha de ser d'estella i d'una potència nominal de 500 kW. Tenint en compte l'origen forestal de la biomassa i que serà de producció pròpia, s'ha de ser prudent i esperar que l'estella sigui tipus G30-G50 però amb desviacions considerables, tant de mida com de naturalesa. Per tant, la caldera ha de ser prou versàtil i tenir capacitat per admetre un combustible relativament heterogeni. Una gama que compleix aquestes característiques és la **RHK-AK** de la marca alemanya **Heizomat**. Aquest model és el que s'ha instal·lat a nombrosos equipaments públics com al Brull, Seva i Aiguafreda, en tots tres casos alimentada també amb estella de boscos de l'entorn. A més a més, des del 2015 Cerdanyola disposa d'un equipament municipal, el Complex Esportiu Can Xarau, amb una caldera de biomassa, que també és d'aquest mateix model. Aquest és un punt molt positiu que pot suposar un avantatge de cara a la gestió, ja que ja se'n coneix el

funcionament, i, fins i tot, una possible millora de les condicions del contracte amb l'empresa que en fa el manteniment que acabi resultant en un estalvi econòmic.

Per tots aquests motius, aquesta caldera seria una bona opció. No obstant, en cas que alguna altra marca oferís unes prestacions semblants o amb algun altre avantatge en les condicions també s'hauria de tenir en compte.

En les següents figures es pot veure les característiques i morfologia de la caldera escollida:

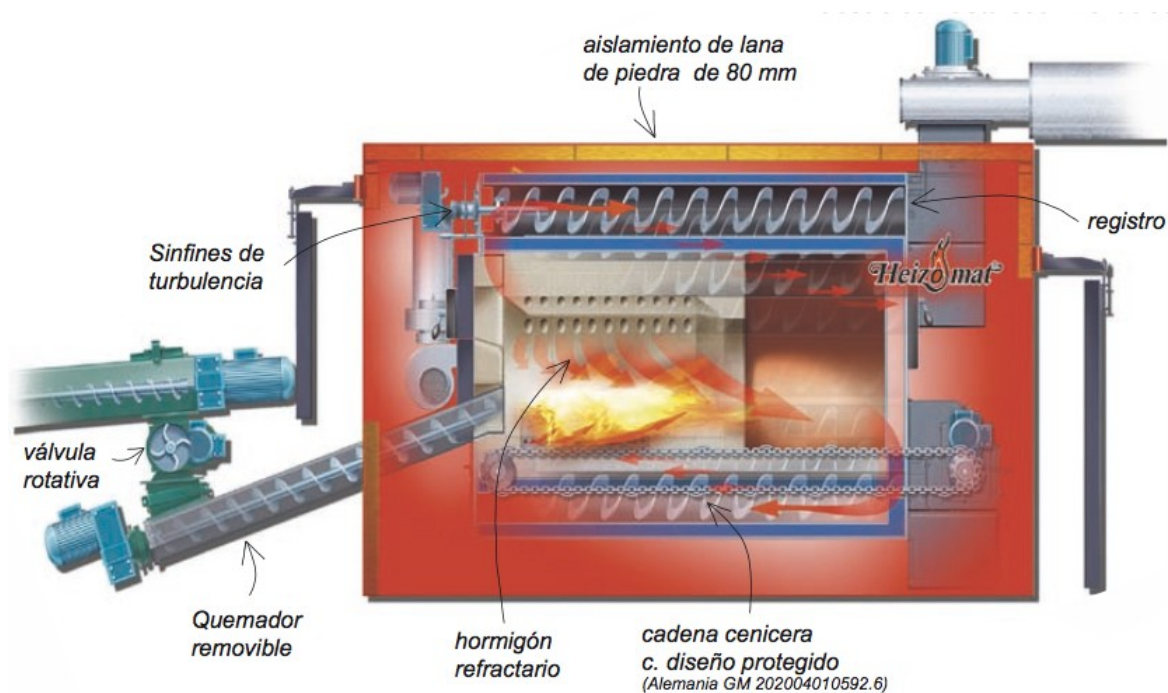


	RHK-AK 204	RHK-AK 205	RHK-AK 300	RHK-AK 400	RHK-AK 500	RHK-AK 650
Potencia calorífica (kW)	0 - 199	0 - 199	0 - 300	0 - 400	0 - 500	0 - 600
Superficie Intercambiador (m²)	18,00	18,00	29,70	33,75	37,10	56,00
Peso de la caldera / sistema (kg)	3108 / 3737	2860 / 3489	5400 / 6029	6200 / 6829	6800 / 7429	8500 / 9129
Contenido de Agua (litros / l)	985	660	1258	1580	1805	2680
Longitud (mm)	3290	3365	3490	3990	4290	4385
Anchura (mm)	1565	1150	1880	1880	1880	2146
Altura (mm)	1895	2065	2035	2035	2035	2066
Medida neta caldera, longitud (mm)	2680	2882	3030	3530	3830	4000
Medida neta caldera, anchura (mm)	1375	930	1695	1695	1695	1960
Medida neta caldera, altura (mm)	1770	2150	2150	2150	2150	2150
Presión máx. de funcionamiento (bar)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Temperatura máx. de la caldera (°C)	95	95	95	95	95	95
Temperatura mínima de retorno (°C)	>55	>55	>55	>55	>55	>55
Ida de calefacción	DN 80	DN 80	DN 80	DN 80	DN 80	DN 125
Retorno de calefacción	DN 80	DN 80	DN 80	DN 80	DN 80	DN 125
Ida de seguridad	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	DN 80
Retorno de seguridad	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	DN 80

*Figura 17: Especificacions tècniques de la caldera Heizomat RHK-AK 500.*

*Font: Heizomat 2015.*





**Figura 18:** Esquema de la composició de les calderes Heizomat RHK-AK.

Font: Heizomat 2015.

## 4.2 Sistema de calefacció de districte

Un *district heating* consta de tres elements principals:

- Central tèrmica.
- Xarxa de distribució.
- Punts de consum.

### 4.2.1 Central Tèrmica

Aquest element és l'encarregat de generar la calor. Constaria d'una sala d'uns 70 m<sup>2</sup> amb la caldera, un dipòsit d'inèrcia de 5.000 litres, el sistema de bombeig primari, de la caldera, i el secundari, de capçalera per a tota la xarxa de distribució hidràulica, a més dels elements de seguretat, hidropneumàtics, valvuleria, quadre elèctric de control, quadres de protecció i comandament del sistema. Contigua a aquesta sala hi hauria una sitja per emmagatzemar l'estella que alimentaria la caldera mitjançant un visenfi.

Un emplaçament possible per a aquestes instal·lacions és al final del carrer Sagunt, on hi ha un antic dipòsit d'aigua, ara en desús i que s'hauria d'enderrocar (Figura 19).



**Figura 19:** Situació dels equipaments municipals i proposta d'emplaçament de la central tèrmica.

La distribució hauria de permetre un accés directe des del carrer a la sitja per tal que els vehicles que portin l'estella puguin abocar directament el material, com per exemple un camió bolquet (Figura 20). Per tal de facilitar el bolcat de l'estella, el nivell de la sitja hauria de ser inferior al nivell de carrer. Una possibilitat és soterrar totalment la sitja i, una altra, és soterrar-la només parcialment i construir una rampa sobre el nivell del carrer que permeti al camió col·locar-se per sobre el nivell de la sitja i abocar directament l'estella només inclinant el bolquet.



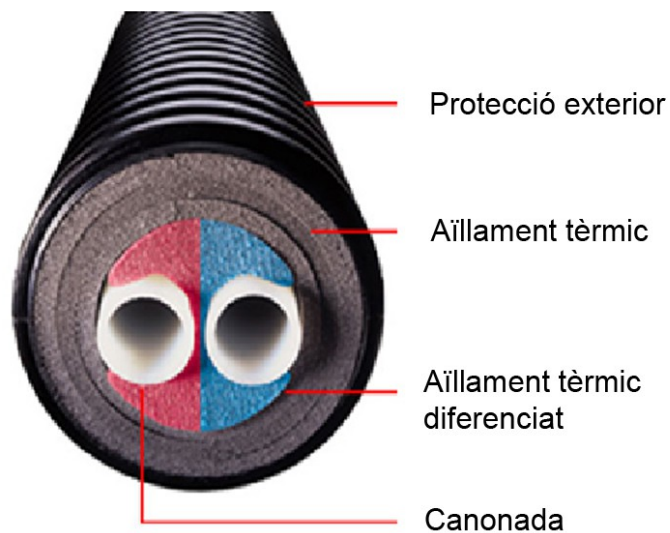


*Figura 20: Proposta d'emplaçament de la sitja i la sala de la caldera.*

La sitja hauria de tenir una obertura a la part superior, per on s'introduiria l'estella, i un accés de manteniment des de la sala de la caldera. A la base de la sitja hi hauria un agitador de ballesta rotatiu que conduiria l'estella cap al visenfi que alimenta la caldera. La construcció seria d'obra i les seves dimensions dependrien del consum d'estella previst i la periodicitat amb la que es vulgui rebre-la. Si fos de 6 x 6 x 5 m, amb un rotatiu de 5,5 m de diàmetre, el volum útil seria de 114 m<sup>3</sup>. Amb una estella forestal de classe G30-G50 amb una humitat menor al 30 %, amb una densitat de 290 kg/m<sup>3</sup>, hi cabrien 33 tones de combustible (Rifà 2014). Amb aquest volum, en el moment de major consum (febrer), es tindria una autonomia de 22 dies, la qual cosa semblaria molt raonable.

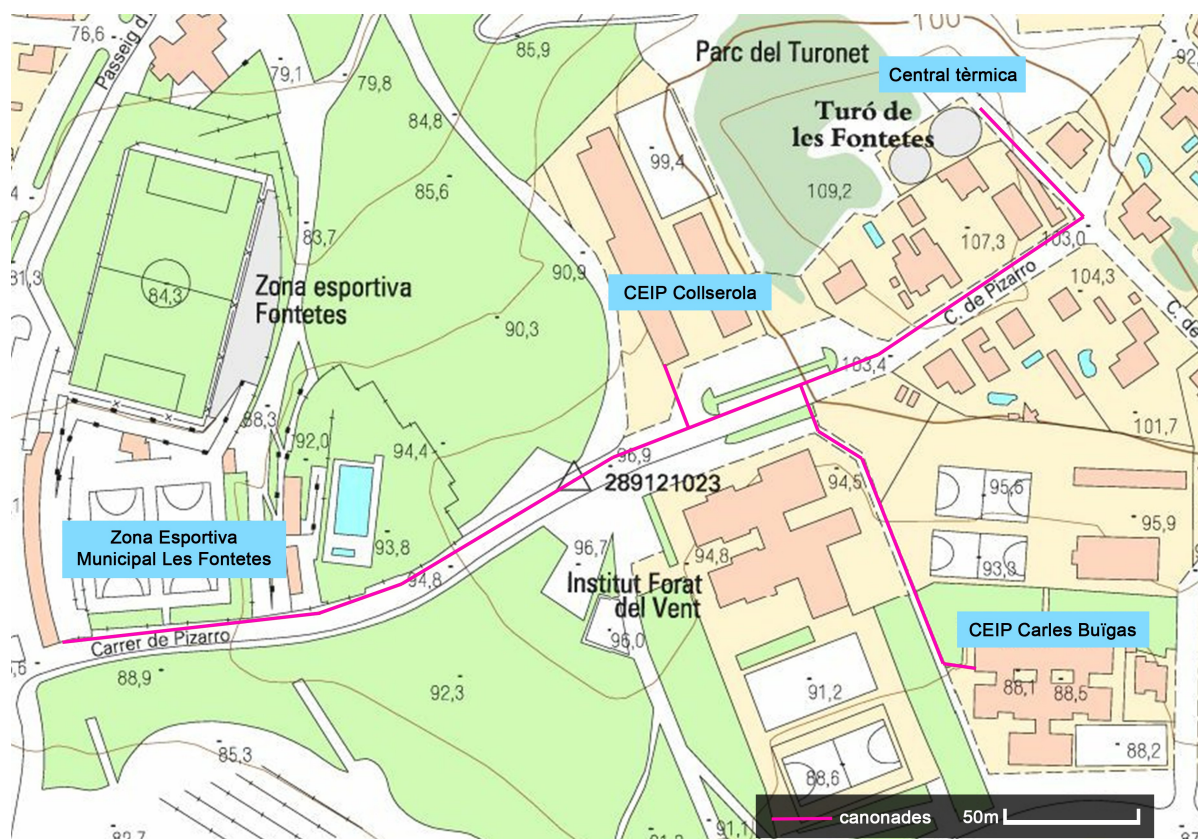
#### 4.2.2 Xarxa de distribució

Aquesta xarxa s'encarrega d'enviar l'aigua escalfada per a la calefacció i l'ACS als diferents equipaments i del retorn de l'aigua refredada a la central tèrmica. Les canonades que conformen la xarxa són preaïllades de polietilè reticulat, com la que es pot veure a la Figura 21. Aquestes van enterrades a l'interior de rases que connecten la central tèrmica amb cada equipament. A la Figura 22 es veu l'esquema d'una possible opció per a la xarxa de canonades.



**Figura 21:** Canonada preaïllada de polietilè reticulat.

Font: FEMPA\*.



**Figura 22:** Esquema de la xarxa de distribució.

\* [http://www.fempa.es/webcms/index.php?menu=noticias&submenu=ver\\_noticia&id\\_categoria=&id\\_noticia=4092&imprime](http://www.fempa.es/webcms/index.php?menu=noticias&submenu=ver_noticia&id_categoria=&id_noticia=4092&imprime)



#### 4.2.3 Punts de consum

Aquí és on es produeix l'aprofitament de l'energia tèrmica per satisfer les necessitats de calor, ja sigui de calefacció o ACS. Mitjançant uns intercanviadors, com el de la Figura 23, l'aigua de les canonades de la xarxa de distribució escalfen l'aigua dels circuits interns dels equipaments, de calefacció i ACS. En el cas plantejat, en què es mantenen les antigues calderes de gas natural, el circuit s'ha de fer de tal manera que permeti que en ocasions d'emergència es pugui subministrar calor procedent de l'antiga caldera.



**Figura 23:** Intercanviador de calor de la instal·lació tèrmica del Complex Esportiu Can Xarau de Cerdanyola del Vallès.

## 5 Necessitats d'estella

Si tenim en compte els consums actuals dels tres equipaments municipals del Parc del Turonet, cada any es necessiten uns 530.251 kWh.

Per trobar l'equivalent entre els kWh de consum i les tones d'estella que es necessitarien per generar-los, es fa servir el poder calorífic inferior (PCI). Com s'ha vist anteriorment, el PCI de l'estella forestal varia principalment en funció del grau d'humitat i de l'espècie vegetal. La bibliografia també és diversa. La forquilla proposada pel CFC (2016) va de les 3.000 als 3.300 kcal/kg (30 % d'humitat b.h.). El valor mínim, convertit a watts hora, surt a 3,49 kWh/kg. En canvi, Quercusenergy (2012) assegura que la seva estella procedent de pi blanc i alzina (que més endavant es veurà que són les principals espècies de la Serra de Collserola) a un 30 % d'humitat té un PCI de 3,35 kWh/kg. Per prudència, es pren aquest valor més desfavorable com a referència, així com el rendiment de la caldera, que se suposa d'un 90 %.

Consum anual d'estella esperat:

$$\frac{530.251 \text{ kWh}}{3,35 \text{ kWh/kg}} \frac{100}{90} = 175.871 \text{ kg} \approx 180 \text{ t}$$

Des de setembre de 2015, Cerdanyola compta amb una altra caldera d'estella al Complex Esportiu Can Xarau. Fins al moment, el consum mensual mitjà ha estat de 32.000 kg d'estella (amb un 27 % d'humitat de mitjana). Actualment el subministrament de combustible per a aquesta caldera el fa una empresa privada escollida mitjançant concurs públic. Amb el present estudi també es planteja que totes dues calderes s'acabin alimentant de la mateixa estella, extreta de la Serra de Collserola.

Consum anual total d'estella esperat:

$$180 + (32 \times 12) = 564 \text{ t} \approx 570 \text{ t}$$

Si se sumen els consums estimats de les dues calderes, les necessitats d'estella anuals són d'unes **570 t**.

## 6 Potencial de producció de biomassa a Collserola

### 6.1 Aspectes administratius de la Serra de Collserola

La ciutat de Cerdanyola del Vallès està situada a la falda de la Serra de Collserola i gairebé la meitat del seu terme municipal forma part d'aquest Parc Natural, distinció que li va ser atorgada l'any 2010. El Parc en total té 8.261 hectàrees repartides entre 9 municipis (Figura 24), 1.441 de les quals pertanyen a Cerdanyola, que en total té un terme de 3.056 ha.



**Figura 24:** Mapa dels termes municipals del Parc de Collserola.

Font: CPNSC.

El global de propietat pública del Parc és de 2.455 ha, 404 de les quals a Cerdanyola. Els titulars són els ajuntaments, l'Àrea Metropolitana de Barcelona, la Diputació de Barcelona, La Generalitat, el Ministeri d'Economia i Hisenda, el Consorci de la Zona Franca, etc. En la Figura 25 es pot veure la seva distribució.



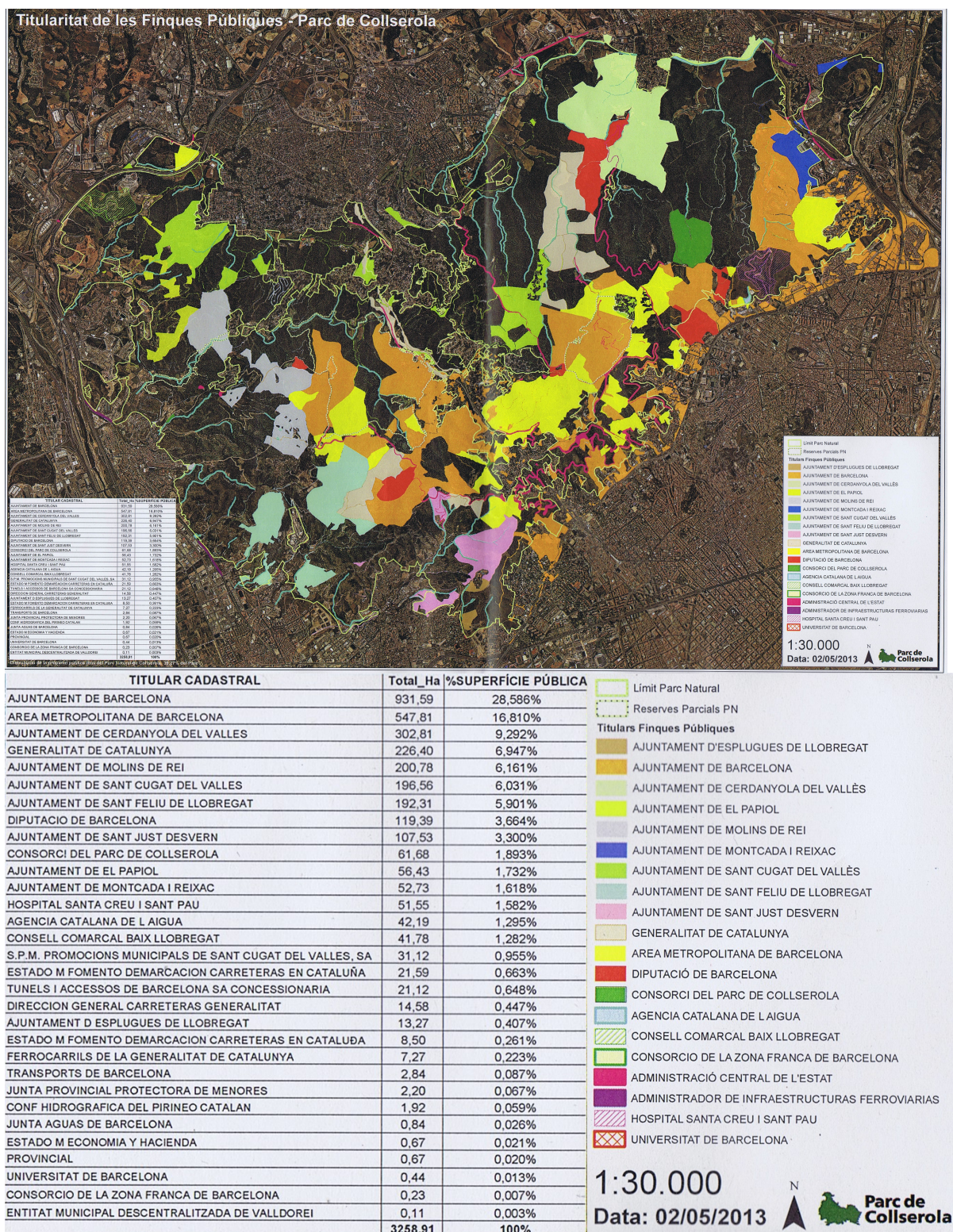
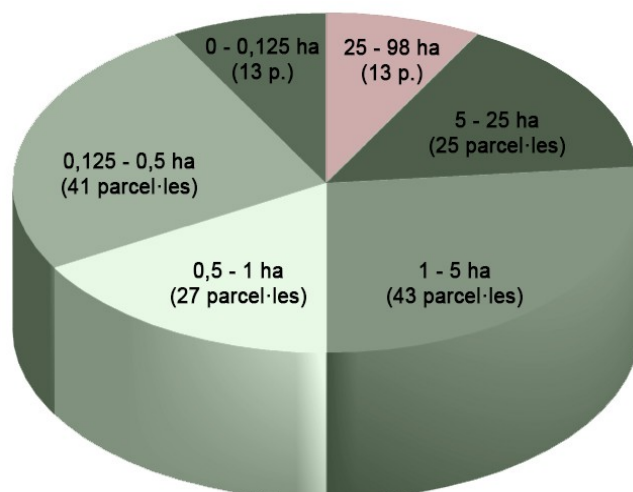


Figura 25: Mapa de les finques públiques del Parc de Collserola.

Font: CPNSC.

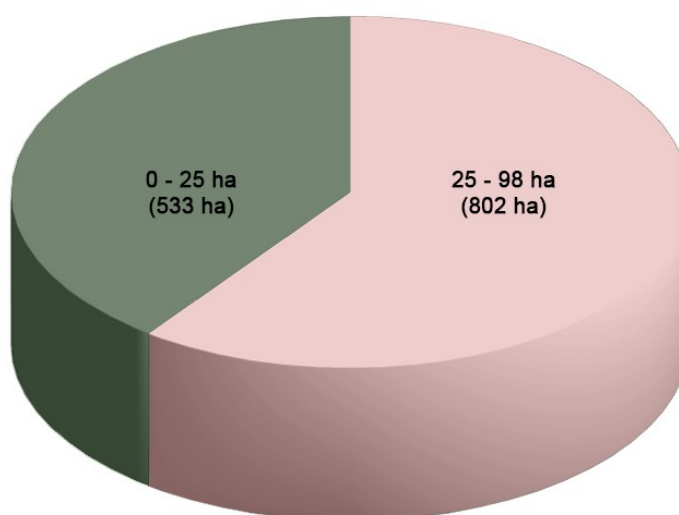


Des de fa uns anys, la gestió d'aquestes finques de titularitat pública estan sent cedides per part de les diverses administracions o organismes al Consorci del Parc Natural de la Serra de Collserola perquè les gestioni i, a finals de 2014, el Consorci ja tenia adscrites més de 1800 ha. A més a més, aquest també és directament propietari de 62 ha. La resta de finques són de propietat particular. La mida de les parcel·les és relativament petita, en el cas de Cerdanyola podem observar que tres quartes parts de les finques tenen menys de 5 ha (Figura 26). No obstant, tot el seu pes en superfície és només d'una tercera part (Figura 27).



**Figura 26:** Distribució de les parcel·les forestals de Collserola del terme municipal de Cerdanyola del Vallès segons la seva superfície.

*Font: elaboració pròpia a partir de dades del cadastre.*



**Figura 27:** Pes en superfície de les parcel·les forestals de Collserola del terme municipal de Cerdanyola del Vallès segons la seva superfície.

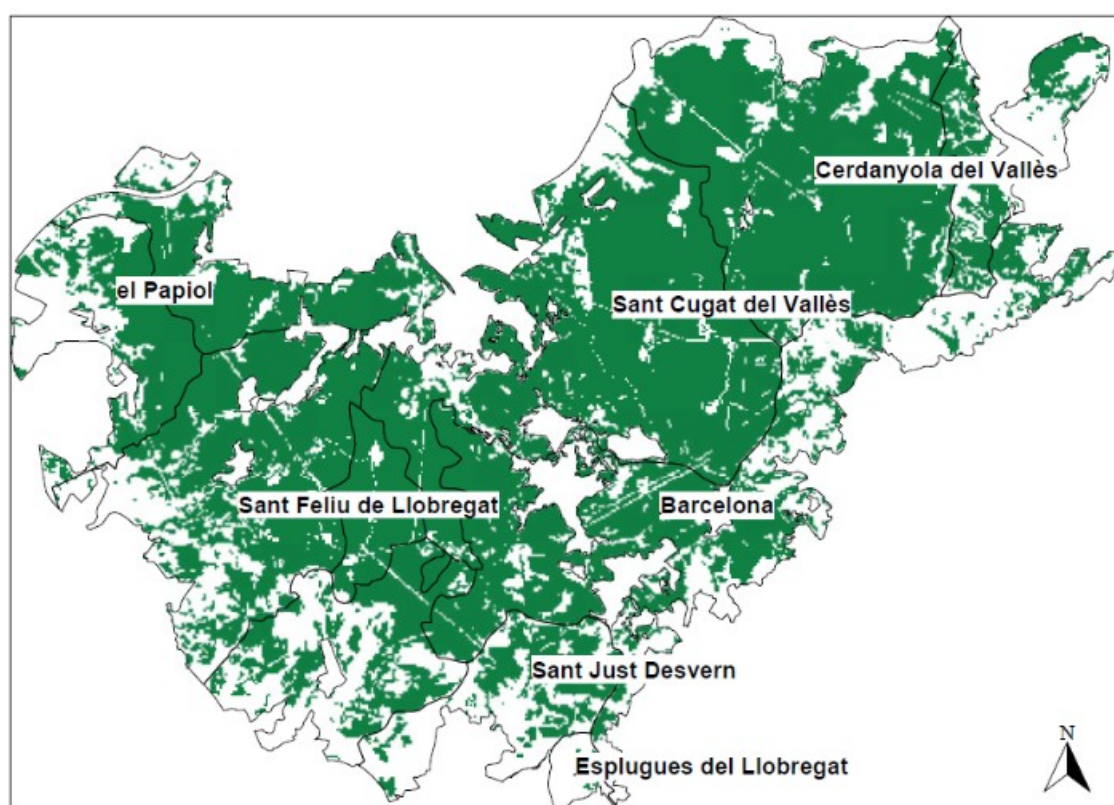
*Font: elaboració pròpia a partir de dades del cadastre.*

Les finques de Collserola, en formar part d'una zona natural protegida, per tal de desenvolupar activitat silvícola han de comptar amb un Pla Tècnic de Gestió i Millora Forestal (PTGMF). Aquests plans, supervisats pels tècnics del Parc i regulats i aprovats pel Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya tenen, com a principals, aquest dos objectius:

- Protegir el medi dels incendis, perturbacions meteorològiques i plagues forestals.
- Millorar el valor ecològic del medi natural procurant que la gestió planificada sigui sostenible a llarg termini.

## 6.2 Potencial forestal de la Serra de Collserola

Per determinar el potencial forestal primer s'ha de calcular la superfície arbrada. Després s'ha de discriminar entre les zones arbrades que poden ser explotades i les que no pels criteris exposats en l'apartat del present estudi 1.2 Disponibilitat de biomassa forestal a Catalunya (pendent, accessibilitat i recobriment de capçades). I finalment determinar quina és la composició del bosc (espècies vegetals, envelliment, densitat, creixement, etc.).



**Figura 28:** Mapa del Parc de Collserola amb la superfície arbrada (en verd) i els límits municipals.

Font: Banqué i Vayreda 2010.



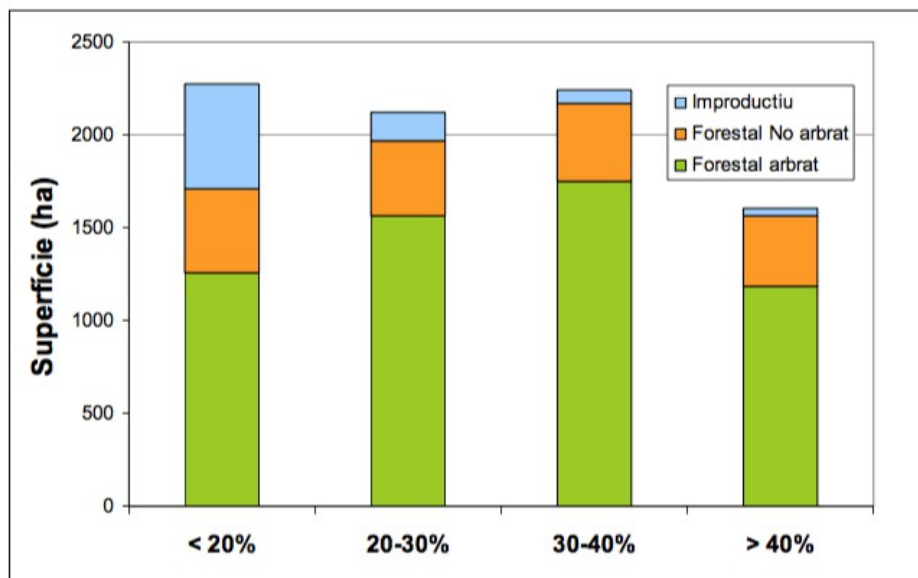
La Figura 29 indica que la superfície arbrada de Collserola (5774 ha) representa un 70 % del total, la meitat del qual es troba a Cerdanyola mateix (un 21 %) i a Sant Cugat del Vallès (un 30 %), municipi veí situat al mateix vessant de la Serra. Com es pot observar, les zones no arbrades, ja siguin improductives o forestals no arbrades (recobriments de capçades menor al 5%) són bàsicament les perimetrals del Parc, que, per la seva major accessibilitat, són les que pateixen més les activitats antròpiques.

	Superfície per coberta										
	Arbrat		Forestal no arbrat		Conreus		Improductiu		Aigua		Total
Municipi	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
Barcelona	1094.1	18.9	518.3	31.5	7.9	1.7	67.1	17.6	0.5	55.6	1687
Esplugues de Llobregat	6.3	0.1	54.7	3.3	0.3	0.1	2.8	0.7	0	0.0	64
Molins de Rei	752.9	13.0	196.1	11.9	72.8	15.9	22	5.8	0	0.0	1043
Montcada i Reixac	199.5	3.5	111.3	6.8	10	2.2	51.7	13.6	0	0.0	372
Papiol, el	282.9	4.9	94.1	5.7	68.6	14.9	53.2	14.0	0	0.0	498
Sant Cugat del Vallès	1718	29.8	208.7	12.7	88.8	19.3	96.7	25.4	0.2	22.2	2112
Sant Feliu de Llobregat	305.7	5.3	213	12.9	64.3	14.0	20.8	5.5	0	0.0	603
Sant Just Desvern	221.1	3.8	149.6	9.1	46.5	10.1	20.3	5.3	0.2	22.2	437
Cerdanyola del Vallès	1193.9	20.7	100.9	6.1	99.9	21.8	46.7	12.2	0	0.0	1441
<b>Total</b>	<b>5774.4</b>	<b>100</b>	<b>1646.7</b>	<b>100</b>	<b>459.1</b>	<b>100</b>	<b>381.3</b>	<b>100</b>	<b>0.9</b>	<b>100</b>	<b>8261</b>

*Figura 29: Superfície del Parc de Collserola distribuïda en 5 categories segons la seva naturalesa, per municipis.*

*Font: Banqué i Vayreda 2010.*

Un altre factor a tenir en compte és el desnivell. Si es classifica la Serra de Collserola en quatre categories (<20%, 20-20%, 30-40%, >40%), s'observa que un 80% de la superfície té menys d'un 40% de desnivell (Figura 30). Les zones improductives són bàsicament a les zones amb menys desnivell, que com demostrava la Figura 28, són les zones perimetrals del parc. Les zones forestals no arbrades es troben distribuïdes d'una manera semblant en les quatre categories.

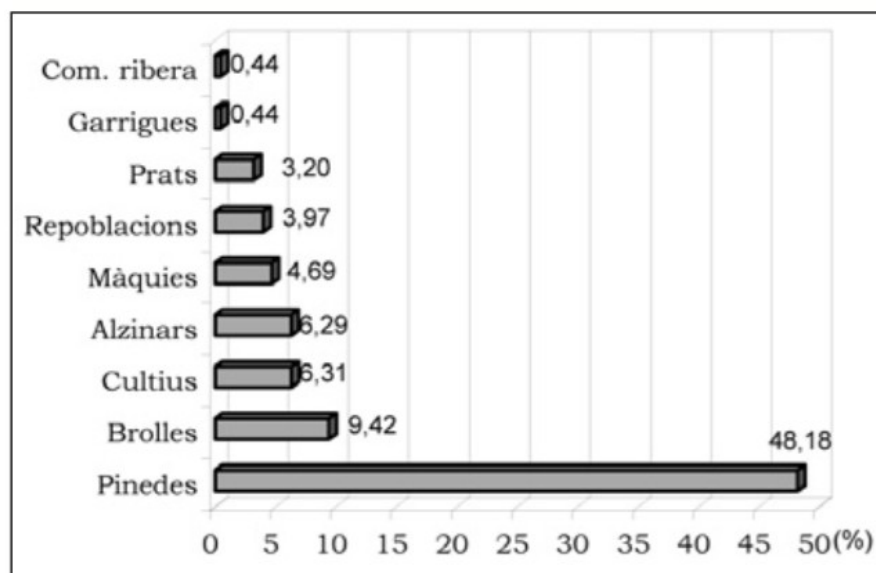


**Figura 8:** Distribució per pendents reclassificades de les categories de cobertes del MCSC-2005 (nivell 2)

**Figura 30:** Distribució per pendents de les classificacions per cobertes del Parc de Collserola.

Font: Banqué i Vayreda 2010.

Pel que fa a les espècies vegetals, com indicia la Figura 31, hi ha una dominància claríssima de pinedes secundàries, que ocupen quasi el 50% del Parc, amb una presència del 97% de pi blanc, *Pinus halepensis*. No obstant, també s'observa una diversitat notable de comunitats vegetals tot i l'absència d'un mosaic agroforestal (Aldeguer *et al.* 2008).



**Figura 31:** Distribució de les comunitats vegetals al Parc de Collserola.

Font: Aldeguer *et al.* 2008.

Algunes de les conclusions a les que s'arriba en l'Anàlisi i gestió dels recursos forestals del Parc de Collserola (Aldeguer *et al.* 2008) són:

- En els darrers cinquanta anys, ha tingut lloc un augment destacat de les masses boscoses i dels matollars del 10 i l'11% de la superfície del parc, respectivament; així com un augment significatiu de les zones construïdes, el 3% de la superfície total. Per contra, cultius, prats i herbassars han vist disminuïda la seva extensió en el 10 i el 13% del territori, respectivament.
- Quant al risc d'incendi, s'ha vist que el 80% de la superfície de la zona estudiada està catalogada amb un elevat risc d'incendi, pel que es constata que, de forma genèrica, el risc ambiental més important al Parc de Collserola és el d'incendi.
- Pel que fa a la gestió realitzada a les finques del parc, destaca el fet que l'aprofitament comercial dels recursos forestals és gairebé nul; la importància d'aquesta zona radica, doncs, en el seu valor intangible com a zona verda situada enmig d'una gran conurbació.
- Els PTGMF afavoreixen la implantació d'una gestió forestal racional. En l'àmbit del parc, aquesta va encaminada bàsicament a la prevenció d'incendis forestals, però el fet que la majoria de balanços econòmics siguin negatius en aquests documents provoca que gran part de les actuacions no es duguin a terme.

Per tant, s'observa que la massa forestal va creixent any rere any, en detriment de cultius i prats. Això va en direcció oposada a la formació d'un mosaic agroforestal que té, entre d'altres bondats, la de reduir el risc d'incendis. Justament, el risc d'incendi és la principal amenaça ambiental que pateix aquesta zona natural, cosa que seria molt perjudicial tenint en compte el seu alt valor, intangible, com a reserva verda enmig de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Malgrat que la gestió forestal, planificada a través dels PTGMF, sigui una solució efectiva a tota aquesta problemàtica, el principal escull per tirar-ho endavant és la manca de rendibilitat d'aquestes actuacions. Per tant, la revalorització dels productes forestals, com la biomassa, seria un camí per tal de fer viable la gestió forestal.

En un escenari de propietats forestals de dimensions molt reduïdes, per tal de tenir condicions més favorables per la gestió dels seus boscos, l'organització dels propietaris pot resultar molt efectiva, com demostren exemples com el de l'Associació de Gestió Forestal Montseny Ponent. Malgrat que ja fa anys que es fan passos cap a la creació d'una associació de propietaris forestals del Parc de la Serra de Collserola, aquesta encara no és una realitat. En el cas de Montseny Ponent ha servit per mancomunar serveis, com l'enginyeria que planifica de forma global les tasques forestals, i a la vegada per vendre de manera conjunta els productes forestals, la qual cosa facilita i millora les condicions de contractació i venda.

Per altra banda, s'ha de treballar en la demanda del producte. Altre cop, es troba un bon exemple en l'experiència de Montseny Ponent, on quatre ajuntaments (Seva, Aiguafreda, Brull i Tagamanent) compren biomassa a l'associació de propietaris per tal d'abastir-se de combustible per a les seves calderes i a la vegada incentivar la gestió del bosc per reduir

el risc d'incendi. Aquesta doble finalitat és la que explica per què aquests ajuntaments paguen l'estella que els subministra l'Associació a un preu (90 €/t iva no incl.) que fàcilment podrien trobar més barat al mercat.

L'Estudi del potencial d'aprofitament forestal al Parc Natural de la Serra de Collserola (Banqué i Vayreda 2010) exposa com a conclusió:

Per les coníferes seria necessari dur a terme les actuacions d'aprofitaments amb torns de 20 anys mentre que pels planifolis n'hi hauria prou amb torns de 10 anys. Els aprofitaments totals serien de 9300 m<sup>3</sup>/any: 2400 de planifolis i 6900 de coníferes. Amb aquest ritme d'aprofitaments proposat i de creixement del bosc, el balanç seria positiu i s'acumularien 5800 m<sup>3</sup>/any: 400 m<sup>3</sup>/any de coníferes i 5400 m<sup>3</sup>/any de planifolis. Tots aquests càlculs s'han fet suposant que no s'aprofita ni un metre cúbic de fusta morta. Segons els torns de tala proposats caldria actuar cada any sobre una superfície de 115 ha per les coníferes i de 277 ha/any pels planifolis.

Així doncs, per les coníferes, l'aprofitament és de 60 m<sup>3</sup>/ha (6900 m<sup>3</sup>/115 ha). Una tona de fusta de pi acabada de tallar té un volum de 1,25 m<sup>3</sup> (Famadas i Cervera 2011) així que surten 48 tones de fusta per hectàrea que, estellada i assecada (30 % d'humitat), serien 31 tones d'estella (0,64 t estella/m<sup>3</sup> fusta tallada). Per cobrir una demanda de consum anual de 180 tones d'estella al 30 % d'humitat, cada any s'hauran d'explotar 6 hectàrees de bosc. Per satisfer les necessitats d'estella de la caldera de Can Xarau (384 tones) s'haurà d'actuar sobre 12 hectàrees més. En total, doncs, cada any s'efectuarien treballs forestals en 18 hectàrees de bosc. Suposant que l'aprofitament forestal es fa amb torns de 20 anys, període proposat per les coníferes (Banqué i Vayreda 2010), farien falta 364 hectàrees per poder fer una explotació sostenible en el temps. El terme municipal de Cerdanyola del Vallès té 1.441 ha de bosc a la Serra de Collserola, només 303 de les quals són de titularitat pública. Per tant, com a mínim, una part del bosc necessari per extreure la biomassa per alimentar les calderes municipals hauria de ser de propietat privada.

## 7 Balanç econòmic

Per tal d'avaluar econòmicament el resultat de l'actuació que planteja aquest estudi cal distingir els dos grans canvis en el sistema tèrmic dels equipaments que es proposen. Per una banda, es passa d'un model convencional a una calefacció de districte i, per altra banda, es canvia de combustible, deixant de consumir gas natural per cremar estella forestal. Els dos canvis impliquen una inversió econòmica important però s'han de valorar per separat ja que un no va lligat necessàriament a l'altre, és a dir: es podria donar el cas d'implantar una calefacció de districte però mantenint el gas natural com a combustible. Aquesta operació podria tenir sentit ja que, malgrat suposar una inversió inicial, també tindria algunes recompenses com reduir el cost d'explotació i manteniment de la instal·lació; reduir la potència instal·lada en cada equipament; augmentar el rendiment de les calderes; tenir més capacitat de negociació de la tarifa com a consumidor; guanyar espai i netedat, reduir soroll i problemes de seguretat, etc. (Imartec 2014).

### 7.1 Estalvi econòmic del consum d'estella forestal respecte el gas natural

Pel que fa al canvi de combustible, el consum energètic anual dels tres equipaments és de 530.251 kWh, cosa que actualment, amb gas natural, suposa una despesa de 37.406 €. L'estella forestal és un combustible més econòmic que el gas natural, no obstant, les calderes d'estella són més cares que les de gas. L'estalvi que comporta el canvi de combustible variarà en funció dels rendiments de l'estella i la caldera i de les fluctuacions dels preus. En la Taula 4 es veuen 25 escenaris diferents combinant diversos preus dels dos combustibles. Si s'accepta que el PCI és de 3,35 kWh/kg i el rendiment de la caldera, del 90 %, s'obté una forquilla d'estalvi del 18 al 73 %, en funció del preu que tinguin els combustibles. S'han plantejat 5 preus per cada combustible: el preu que actualment s'està pagant de gas natural i variacions des del -10 al 30 % i, per l'estella, si es paga entre 100 i 140 € la tona.

El preu del gas és fluctuant. Per exemple, del 2010 als 2014 hi va haver un increment del 37,5 % (Barrero 2014). Com que depèn de factors internacionals poc previsibles, s'han plantejat escenaris on el preu del gas segueix pujant però també, de més remots, en els quals baixaria i, per tant, l'estalvi seria menor.

I en el cas de l'estella, com ja s'ha explicat en anteriors apartats, el preu que es pagarà segurament haurà de ser més alt que el de mercat per assegurar que siguin econòmicament viables les feines forestals, que no tindran per objectiu només l'obtenció de biomassa primant per sobre de tot el rendiment, sinó també el correcte manteniment de

les zones boscoses, cosa que n'incrementa els costos. Com que encara no es pot saber exactament quin serà el preu que s'haurà de pagar, s'ha plantejat una forquilla de preus força gran. No obstant, exemples equiparables com el de Montseny Ponent fan pensar que el preu podria ser al voltant dels 110 €/t.

Així doncs, en l'escenari més optimista plantejat, l'estalvi pot arribar quasi als 36.000 € l'any, i en el més pessimista, 9.382 €. Amb les consideracions exposades anteriorment, seria raonable pensar en un estalvi al voltant del **55 %** i els **20.000 €/any**.

**Taula 4:** Estalvi anual pel consum d'estella respecte gas natural (€), en base a un consum anual de 530.251 kWh i en funció del preu dels combustibles.

			preu estella									
		€/t	100		110		120		130		140	
		€/kWh	0,0332		0,0365		0,0398		0,0431		0,0464	
			€	%	€	%	€	%	€	%	€	%
preu gas natural	-10%	0,0641	16416	44	14658	39	12899	34	11140	30	9382	25
	preu actual	0,0705	19817	53	18058	48	16299	44	14541	39	12782	34
	10%	0,0776	23557	63	21798	58	20040	54	18281	49	16522	44
	20%	0,0846	27298	73	25539	68	23780	64	22021	59	20263	54
	30%	0,1009	35900	96	34142	91	32383	87	30624	82	28866	77

PCI estella: 3,35 kWh/kg; Rendiment caldera: 90 %; preus amb IVA incl..

A aquest estalvi se li ha de restar la despesa extra que suposa instal·lar una caldera d'estella enlloc d'una de gas. El preu de la caldera proposada, Heizomat RHK-AK 500, és aproximadament de 110.000 €. Una caldera de gas natural amb unes característiques similars té un preu aproximat de 40.000 €. Aquests 70.000 € de diferència s'han de recuperar amb l'estalvi anual. Aplicant una amortització lineal, amb un 2% d'interès, s'ha calculat quant temps és necessari per recuperar la inversió (Taula 5) per cadascun dels 25 escenaris d'estalvi anteriorment plantejats. En l'escenari més optimista, en 2 anys ja estaria amortitzat. En el més desfavorable, farien falta poc més de 8 anys. En aquest cas, un valor raonable podrien ser **3,5 anys**.

**Taula 5:** Anys necessaris per amortitzar el sobrecost d'una caldera d'estella respecte una de gas natural (500 kW), en base a l'estalvi pel canvi de combustible amb un consum anual de 530.251 kWh i en funció del preu dels combustibles.

		preu estella					
		€/t	100	110	120	130	140
		€/kWh	0,0351	0,0386	0,0421	0,0456	0,0491
preu gas natural	-10%	0,0641	4,5	5,1	5,8	6,8	8,2
	preu actual	0,0705	3,7	4,1	4,5	5,1	5,9
	10%	0,0776	3,1	3,4	3,7	4,0	4,5
	20%	0,0846	2,7	2,8	3,1	3,3	3,6
	30%	0,1009	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5

PCI estella: 3,35 kWh/kg; Rendiment caldera: 90 %.

## 7.2 Cost d'implantar una calefacció de districte

A continuació s'estima a grans trets el cost d'un *district heating* adaptat a les necessitats i condicionants del cas estudiat. S'ha calculat en base a catàlegs de preus i pressupostos reals de projectes similars com el de l'Hospital de Terrassa (Caus 2015).

### Central tèrmica: 71.500 €

- Obra civil: 60.000 €
- Instal·lacions: dipòsit d'inèrcia 4.000 €, altres elements 7.500 €.

### Xarxa de distribució: 108.000 €

- Bombes 7.000 € x 4 = 28.000 €
- Altres elements: 20.000 €
- Canonades: 650 m x 90 €/m ≈ 60.000 €

### Punts de consum: 18.000 €

- Reforma de les sales de caldera actuals: 6.000 € x 3 = 18.000 €

### Total: 181.300 €

Si a aquesta xifra total s'hi sumen els 110.000 € de la caldera i s'hi aplica el 13 % de benefici industrial i el 6 % de despeses generals, surt aproximadament un total de 350.000 €. A la Taula 6 es pot veure quants anys farien falta per amortitzar tota la inversió que requereix implementar la calefacció de districte amb caldera de biomassa partint de les instal·lacions actuals. Segons els diferents escenaris d'estalvi plantejats, l'amortització pot anar dels 70 als 11 anys. Seguint el mateix criteri que en les anteriors taules, es podria considerar un temps d'uns **20 anys** aproximadament.

**Taula 6:** Anys necessaris per amortitzar una calefacció de districte de biomassa de 350.000 €, en base a l'estalvi pel canvi de combustible amb un consum anual de 530.251 kWh i en funció del preu dels combustibles.

			preu estella					
			€/t	100	110	120	130	140
			€/kWh	0,0351	0,0386	0,0421	0,0456	0,0491
preu gas natural	-10%	0,0641	28,1	32,8	39,5	50,0	69,2	
	preu actual	0,0705	22,0	24,8	28,3	33,2	40,1	
	10%	0,0776	17,8	19,6	21,7	24,4	27,8	
	20%	0,0846	15,0	16,2	17,6	19,3	21,4	
	30%	0,1009	11,0	11,6	12,3	13,1	14,0	

PCI estella: 3,35 kWh/kg; Rendiment caldera: 90 %.

També s'ha de tenir en compte que diversos organismes tenen línies d'ajuts per a projectes com el proposat en aquest estudi: l'Institut per a la Diversificació i Estalvi d'Energia (IDAE), l'Institut Català de l'Energia (ICAEN), el Departament de Medi Ambient i Habitatge (DMAH), la Diputació de Barcelona, etc. D'aquesta manera es podria reduir el temps necessari per amortitzar la inversió.



## 8 Balanç ambiental

### 8.1 Canvi de combustible

Es considera que la biomassa té un balanç d'emissió neutre, és a dir, que el diòxid de carboni emès durant la seva combustió equival al que ha capturat l'arbre durant la seva vida mitjançant la fotosíntesi (CFC 2016). En canvi, es considera que les emissions de diòxid de carboni per la combustió de gas natural són de 2,15 kg CO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup> (Oficina Catalana del Canvi Climàtic 2016). Tenint en compte que el consum mitjà de gas és de 46244 Nm<sup>3</sup>/any, si es deixa de consumir aquest volum de gas, la reducció d'emissions és de 99424,6 kg CO<sub>2</sub>/any, és a dir, **cada any es deixaran d'alliberar a l'atmosfera 100 tones de CO<sub>2</sub>**.

El principal punt feble de l'ús de biomassa és l'emissió de partícules i d'hidrocarburs aromàtics policíclics. D'aquests darrers n'hi ha més de 100 tipus, i es fa servir el Benzo(a)pirè (BaP) com a indicador (Casabona 2014). Per les partícules en suspensió, s'indiquen les PM10: partícules sòlides o líquides disperses a l'atmosfera el diàmetre del qual és d'entre 2,5 i 10 µm. No obstant, com demostra la Figura 32, en grans calderes com la que es proposa en aquest estudi, les emissions es veuen dràsticament reduïdes, comparades a les del sector domèstic.

Combustible	Sector domèstic		Sector institucional o comercial	
	PM10 (1 i 2) (g/GJ)	BaP (2) (mg/GJ)	PM10 (1 i 2) (g/GJ)	BaP (2) (mg/GJ)
Gas natural i GLP	1,2	0,0006	0,78	0,0007
Gasoil i fuel	1,9	0,0800	20	0,0019
Biomassa	760	120	143	10
Carbó	404	230	117	45,5

(1) Font: Guia de càlcul d'emissions de contaminants a l'atmosfera 2013. Generalitat 2014.

(2) Font: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013.

**Figura 32:** Factors d'emissió considerats en el sector domèstic i comercial per a diferents combustibles (PM10: partícules de diàmetre 2,5-10 µm; BaP: Benzo(a)pirè; GLP: Gas Liquefiet del Petrol).

Font: Casabona 2015.

Actualment, segons la Figura 32, per un consum de 530.251 kWh, és a dir, 1909 GJ, s'estan emetent 1.490 g de PM10 i 1,34 mg de BaP cada any. Amb la conversió a la biomassa es passaria a emetre **273 kg de PM10 i 19.1 g de BaP**.

De totes maneres, si tenim en compte que les feines forestals d'extracció de l'estella contribuiran a reduir el risc d'incendi, es pot considerar que de forma indirecta s'estarà prevenint potencials emissions de partícules, ja que els incendis forestals en són una gran font d'emissió. Un valor mitjà entre diverses fonts bibliogràfiques és 10 g de partícules per cada quilogram de biomassa forestal cremada. Però en canvi, si aquesta biomassa es crema de forma controlada en una caldera (de característiques semblants a la proposada aquest estudi) les partícules emeses es redueixen en un 98 % (Caus 2015).

Un altre element a valorar és que a diferència dels combustibles fòssils, la biomassa no genera fluids contaminants que puguin ser perillosos en cas de fuites durant el seu procés de transport i emmagatzematge (Campañá 2011).

## 8.2 Estella forestal producte de la gestió de boscos de proximitat

Els incendis representen la principal amenaça ambiental de la Serra de Collserola (Aldeguer *et al.* 2008). Entre el 1990 i el 2015 la mitjana és de 100 incendis anuals amb una superfície cremada total de 91 ha cada any (CPNSC 2016). A part de les tasques de vigilància i extinció, una eina clau per combatre els incendis és la prevenció mitjançant la gestió forestal. El risc d'incendi forestal ha augmentat respecte a la primera meitat del segle XX principalment per l'augment de biomassa disponible per cremar que acumulen actualment les masses forestals. A més a més, l'increment de la continuïtat de la superfície forestal arran de l'abandonament de camps de conreu i terrenys de pastures permet que els perímetres es facin més llargs i inaccessibles. El model de bosc actual condueix a una extensió, càrrega i continuïtat forestal creixent, amb una elevadíssima densitat d'arbres de poc diàmetre i masses estancades, forçant el sistema cap als grans incendis forestals. L'acumulació de biomassa ha augmentat la continuïtat horitzontal a nivell superficial, així com la continuïtat vertical i la tangència de capçades. Aquestes noves estructures poden cremar a molt alta intensitat (Costa *et al.* 2011). La valorització de la fusta, en forma d'estella, és una oportunitat per fer un aprofitament dels excedents de biomassa i per donar viabilitat econòmica a les tasques de gestió forestal. Per tant, la producció d'estella forestal és una eina per reduir el risc d'incendi i la perillositat d'aquests.

A part del risc d'incendi, l'excés de densitat d'arbres també provoca que davant de fenòmens naturals com ventades o nevades es produeixin grans caigudes d'arbres

(Cabañeros, comunicació personal<sup>1</sup>). La gestió forestal és una eina d'estructuració del bosc que també minimitza aquestes problemàtiques.



*Figura 33: Pins tombats per una ventada l'any 2009.*

*Font: DIBA\*.*

Una correcta gestió de l'estructura dels boscos també redueix el risc de plagues forestals (CFC 2016).

Gestionar l'envelliment del bosc també pot millorar el balanç de CO<sub>2</sub>: els arbres joves fixen major quantitat de CO<sub>2</sub> que no els arbres vells i estancats en creixement per manca de gestió (CFC 2016).

El fet que l'estella sigui de proximitat, també ajuda a reduir les emissions contaminants derivades del transport del combustible. Seguint la Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic (2016), s'ha estimat quin estalvi de diòxid de carboni es pot aconseguir si es redueix la distància entre els punts de producció i de consum de l'estella. Un camió rígid d'entre 7,5 i 12 tones circulant per vies ràpides emet 415 g CO<sub>2</sub>/km. A la Taula 7 s'observa l'estalvi de CO<sub>2</sub> emès que es pot aconseguir gràcies a la proximitat de la font de combustible: per exemple, si s'aconsegueix reduir 100 km (distància aproximada de l'estella que es crema actualment a la caldera de Can Xarau) la distància de la que vénen les 180 tones que es necessitarien anualment pels tres equipaments de Les Fontetes, cada any es deixaran d'alliberar 1,7 tones de diòxid de carboni. Si també s'alimenta la caldera de Can Xarau amb l'estella de

---

1 Lluís Cabañeros, cap del Servei de Medi Natural del Consorci del Parc Natural de la Serra de Collserola, 23 de març de 2016.

\*<http://lacaixaparcs.diba.cat/projectes/imatgesProjecte.php?id=0&idProjecte=133>

proximitat, 570 tones en total, la disminució anual d'emissions pot ser de **5,4 tones de CO<sub>2</sub>**.

***Taula 7:** Emissions de CO<sub>2</sub> a causa del transport de l'estella forestal en funció de la distància.*

	tones d'estella	
distància	180	570
(km)	tones de CO <sub>2</sub>	
50 x 2	0,8	2,7
100 x 2	1,7	5,4
150 x 2	2,5	8,1
200 x 2	3,3	10,8
300 x 2	5,0	16,2

*180 t i 570 t d'estella requereixen aproximadament 20 i 65 trajectes, respectivament, de camions rígids d'entre 7,5 i 12 t, que emeten 415 g CO<sub>2</sub>/km.*

## 9 Balanç social

### 9.1 Creació d'ocupació

El Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC) ha estudiat la repercussió que té l'ús de la biomassa amb finalitats energètiques en la creació d'ocupació. El seu càlcul sosté que per a la mobilització de 10.000 tones de fusta (50 % d'humitat) es creen 23,5 llocs de treball: 11,5 de directes (9,5 de tallada i desembosc de biomassa, 1 de transport i 1 d'estellat) i 12 d'indirectes. A continuació es mostren les diferents activitats professionals que es poden generar (Innobiomassa 2011):

#### Llocs de treball directes

- Gestió forestal: planificació i inventari de les masses forestals; organització i calendari dels treballs posteriors.
- Aprofitament forestal: tallada, desembosc, reunió de fusta, esbrancada i apilada.
- Transport de la fusta en roll a centre de logística.
- Organització i gestió de centre de logística.
- Transformació de la biomassa forestal en biocombustibles sòlids: estellat, assecatge, emmagatzematge i control de la qualitat.
- Transport i subministrament dels biocombustibles als centres de consum i/o usuaris.

#### Llocs de treball indirectes

- Relacionats amb el manteniment i reparació de maquinària forestal i de transport.
- Enginyeries i consultories per l'estudi de la viabilitat de projectes.
- Fabricació, distribució i manteniment de calderes de biomassa forestal.
- Elements constructius relacionats amb instal·lacions: sitges, obres, rases, etc.
- R+D+i en tots els processos de producció, transformació i tecnologia per a l'obtenció d'energia a partir de biomassa forestal.

En el present treball es planteja el consum total de 560 tones d'estella (al 30 % d'humitat) anualment, cosa que significa 705 tones al 50 % d'humitat. Segons l'estudi del CTFC, proporcionalment, aquest volum d'estella mobilitzada suposaria la creació d'**1,6 llocs de treball**, la meitat dels quals serien directes.

Per obtenir una altra aproximació a la creació d'ocupació que pot comportar l'actuació plantejada, s'ha pres de referència l'Estudi de l'aprofitament forestal a la finca de Can Catà (2008-2013) (Garcia 2013). Aquest indica que d'una superfície de 105,5 ha, de les quals només es va poder actuar sobre 91,1 ha per les condicions del terreny, durant aproximadament un any es van extreure 6.791 tones de biomassa destinades a fusta, estella i llenya. Per a fer aquestes feines forestals van fer falta una mitjana de 3,4 treballadors (talladors i tractoristes) durant 310 dies i una persona manipulant l'autocarregador 233 dies, és a dir, en total, 1287 jornades laborals. En el present estudi es planteja treballar 18 ha cada any, una cinquena part de la superfície explotada a Can Catà. El rendiment per hectàrea esperat (60 t/ha) no dista molt del de Can Catà (74,6 t/ha). Si proporcionem les jornades laborals en base a la superfície, en surten 260. Considerant que l'estàndard són 225 jornades/any, surten 1,2 llocs de treball. Aquesta xifra només comprèn les tasques d'extracció de la biomassa. Encara faltaria sumar altres tasques com l'estellat, el transport, etc. Segons els càlculs d'Innobiomassa (2011), per a aquests volums de biomassa, aquestes tasques suposarien 0,2 llocs de treball més, és a dir, 1,4 en total. Segons aquest mateix càlcul, els llocs de treball indirectes serien uns 1,5 i, per tant, en total, es crearien gairebé **3 llocs de treball**.

## 9.2 Inclusió sociolaboral

Un altre factor a valorar és la possibilitat que en les tasques forestals es tingui present el criteri de la inclusió laboral. Hi ha diverses empreses de l'economia social que presten aquest tipus de serveis donant feina a col·lectius en risc d'exclusió social. Aquest seria un criteri que des de l'Ajuntament es podria imposar en el moment en què es plantegi quin tipus d'empresa (pública, privada, del tercer sector...) ha d'encarregar-se d'aquestes tasques. D'aquesta manera, no només s'estaria creant ocupació: en una situació com l'actual, d'elevada taxa d'atur, generar llocs de treball és molt positiu, però si, a més, es pot donar feina a col·lectius que tenen especials dificultats per accedir al món laboral, el benefici social és encara major.

## 9.3 Patrimoni natural

Com s'ha exposat en apartats anteriors, amb el consum d'estella de proximitat s'està contribuint a reduir el risc d'incendi forestal a Collserola, que actualment suposa la principal amenaça (Aldeguer *et al.* 2008). A part de conseqüències ambientals, un incendi forestal també té repercussions socials. En ser una zona forestal periurbana, un incendi pot afectar més fàcilment zones residencials cosa que implica un risc de danys humans i materials. També pot tenir conseqüències socioeconòmiques en el cas de les activitats professionals que es desenvolupen al bosc o relacionades amb el paisatge natural: aprofitament de

recursos forestals, activitats de lleure i esport, etc. Per tant, també des d'aquests punts de vista, reduir el risc d'incendi té clars beneficis.

## 9.4 Educació ambiental

El fet que la caldera de biomassa doni servei a equipaments públics és una molt bona oportunitat per tal de fer pedagogia ambiental divulgant l'experiència entre els seus usuaris. Per una banda, es podrien instal·lar panells informatius als diferents centres i a la mateixa caldera per tal d'informar usuaris i veïns sobre l'origen de l'energia usada, els beneficis que aporta, etc., com el que es pot veure a la Figura 34.



*Figura 34: Panell informatiu a la central tèrmica municipal de biomassa d'Aiguafreda.*

Aprofitant que dos dels equipaments són centres educatius, una altra possibilitat seria vincular aquesta experiència a l'activitat docent, ja sigui tractant-ho en les assignatures relacionades, fent visites a la caldera i als boscos d'on prové l'estella, etc.

L'Ajuntament també podria difondre l'experiència dins les seves campanyes de comunicació amb la ciutadania.

Totes aquestes accions tindrien com a objectiu augmentar la consciència ambiental i social de la ciutadania a partir de veure com, davant de diverses problemàtiques i necessitats, es poden trobar alternatives que els donin una sortida positiva. A més a més, serviria per demostrar que aquestes experiències, per petites que siguin, poden transformar la societat i l'entorn. Tot això podria contribuir al fet que la ciutadania, en el seu dia a dia, en l'àmbit domèstic, professional, etc., tingui una major predisposició a adoptar hàbits més respectuosos amb l'entorn social i natural.



## 10 Conclusions

Els resultats obtinguts en el present treball permeten concloure que, en conjunt, l'actuació proposada és viable econòmicament i és beneficiosa tant per l'entorn natural com des del punt de vista social. En concret, s'extreuen les següents conclusions:

Des del punt de vista econòmic, usar estella forestal com a combustible genera un estalvi respecte el gas natural d'uns 20.000 € anuals que permetria recuperar la inversió amb relativa rapidesa. Amb menys de 4 anys aproximadament s'hauria cobert el sobrecost que suposa una caldera de biomassa. Amb uns 20 anys es podria amortitzar tota la inversió feta en la calefacció de districte d'estella. En cas de beneficiar-se d'alguna subvenció, aquest terminis encara es podrien reduir.

En el pla ambiental, un dels principals beneficis és que gràcies a la caldera d'estella es deixarien d'emetre 100 tones de CO<sub>2</sub> cada any. A més a més, si l'estella és de proximitat es podrien reduir substancialment les emissions vinculades al transport. Per obtenir les 180 tones d'estella que consumiria la caldera anualment, s'haurien d'explotar unes 6 hectàrees de bosc cada any. Si s'opta per subministrar també l'estella de la caldera de biomassa, ja existent, al Complex Esportiu Can Xarau de Cerdanyola (amb un consum anual de 384 tones d'estella), en conjunt, farien falta 18 ha. Seguint torns de tallada de 20 anys, en total es gestionarien 364 ha de bosc.

A nivell social, seria beneficiós per la capacitat de la biomassa de crear ocupació: s'ha estimat que es podria generar entre 1,6 i 3 llocs de treballs, sumant els directes i els indirectes.

En conjunt, els resultats obtinguts permeten suggerir a l'Ajuntament de Cerdanyola del Vallès que seria interessant substituir les calderes de gas dels equipaments estudiats per una de biomassa. L'administració ha de ser pionera impulsant el desenvolupament d'aquestes tecnologies i el sector energètic renovable en general i la biomassa forestal és especialment recomanable ja que, a diferència dels conreus energètics, no competeix amb la producció d'aliments i no provoca inflacions als seus preus. La gestió dels boscos, a més, contribueix a reduir el risc d'incendi i els danys provocats per fenòmens naturals com ventades i nevades. Per altra banda, obre la possibilitat de donar feina a persones en risc d'exclusió sociolaboral, a la vegada que és una oportunitat per fer educació ambiental entre la ciutadania aprofitant que la caldera dóna servei a equipaments municipals.

## 11 Referències bibliogràfiques

Aldeguer, A.; Capdevila, M.; Ceresuela, C.; Izquierdo, R.; Puy, E., 2008. Anàlisi i gestió dels recursos forestals del Parc de Collserola. A: Boada, M.; Masqué, P.; Rieradevall, J., dir., 2008. *Diagnosi ambiental al Parc de Collserola*. Barcelona: Diputació de Barcelona. p. 71-77. Documents de Treball, Territori, 6. ISBN: 978-84-9803-221-5. Disponible a: <<http://parcs.diba.cat/documents/75109/786eafe2-c48b-4722-bb2f-66fd90b83185>>.

Banqué, M.; Vayreda, J., 2010. *Estudi del potencial d'aprofitament forestal al Parc Natural de la Serra de Collserola*. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals.

Barrero, F., 2014. *La montaña rusa del gas natural*. [en línia] Energías Renovables. Disponible a: <<http://www.energias-renovables.com/articulo/la-montana-rusa-del-gas-natural-20141015>> [Consulta: 25 abril 2016].

Campañá, A., 2011. *Instal·lació de calderes de biomassa en edificis*. [pdf] Barcelona: Institut Català d'Energia. Quadern pràctic, 5. Disponible a: <[http://icaen.gencat.cat/web/.content/06\\_relacions\\_institucionals\\_i\\_comunicacio/04\\_publicacions/informes\\_i\\_estudis/arxius/2011\\_guia\\_calderes\\_biomassa.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.content/06_relacions_institucionals_i_comunicacio/04_publicacions/informes_i_estudis/arxius/2011_guia_calderes_biomassa.pdf)>.

Casabona, D., 2014. *La qualitat de l'aire. Normativa a aplicar en la combustió de la biomassa*. [pdf] Vic, 20 febrer 2014. Disponible a: <[http://www.firabiomassa.cat/wp-content/uploads/2013/06/20140220\\_DavidCasabona\\_QualitatAire.pdf](http://www.firabiomassa.cat/wp-content/uploads/2013/06/20140220_DavidCasabona_QualitatAire.pdf)>.

Casabona, D., 2015. La normativa aplicable pel que fa a la qualitat de l'aire en la combustió de la biomassa. A: Pruna, I., ed., 2015. *Biomassa: Autosuficiència energètica i gestió forestal*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Documents de Treball, Medi Ambient, 9. ISBN: 978-84-9803-706-7. Disponible a: <[http://xarxaenxarxa.diba.cat/sites/xarxaenxarxa.diba.cat/files/biomassa\\_edicio\\_final\\_10-4-2015\\_\\_0.pdf](http://xarxaenxarxa.diba.cat/sites/xarxaenxarxa.diba.cat/files/biomassa_edicio_final_10-4-2015__0.pdf)>.

Caus, J., 2015. *Projecte executiu per la instal·lació d'una caldera de biomassa forestal al Consorci Sanitari de Terrassa*. Diputació de Barcelona. Disponible a: <[https://contractaciopublica.gencat.cat/ecofin\\_pscp/AppJava/portalfileretreiving.pscp?reqCode=retrieveFile&docHash=8ef068c14c3d07eaf7a386764a85421&fileId=13132163&capId=4154128&idTS=13027256](https://contractaciopublica.gencat.cat/ecofin_pscp/AppJava/portalfileretreiving.pscp?reqCode=retrieveFile&docHash=8ef068c14c3d07eaf7a386764a85421&fileId=13132163&capId=4154128&idTS=13027256)> [Consulta: 15 juliol 2016].

CFC (Consorci Forestal de Catalunya), 2016. *Observatori de la biomassa*. [en línia] Disponible a: <<http://observatoribiomassa.forestal.cat/>> [Consulta: 3 febrer 2016].

Costa, P.; Castellnou, M.; Larrañaga, A.; Miralles, M.; Daniel, P., 2011. *La prevenció dels grans incendis forestals adaptada a l'incendi tipus*. Barcelona: UT GRAF Bombers de la Generalitat de Catalunya. ISBN: 978-84-694-1457-6. Disponible a: <[http://interior.gencat.cat/ca/el\\_departament/publicacions/proteccio\\_civil/la\\_prevencio\\_dels\\_grans\\_incendis\\_forestals\\_adaptada\\_a\\_l\\_incendi\\_tipus/](http://interior.gencat.cat/ca/el_departament/publicacions/proteccio_civil/la_prevencio_dels_grans_incendis_forestals_adaptada_a_l_incendi_tipus/)>.

CPNSC (Consorci del Parc Natural de la Serra de Collserola), 2016. *Sequera, vent i calor: aliats perfectes dels incendis*. [en línia] Disponible a: <<http://www.parcnaturalcollserola.cat/news/sequera-vent-i-calor-aliats-perfectes-dels-incendis>> [Consulta: 15 juliol 2016].

Famadas, F., 2012. *La gestió forestal i el mercat de la biomassa*. [pdf] Reus, 19 novembre 2012. Barcelona: Centre de la Propietat Forestal. Disponible a: <[https://www.ruralcat.net/c/document\\_library/get\\_file?uuid=1a04b8c2-37cb-41af-8924-3e9c876c2038&groupId=10136](https://www.ruralcat.net/c/document_library/get_file?uuid=1a04b8c2-37cb-41af-8924-3e9c876c2038&groupId=10136)>.

Famadas, F.; Cervera, T., 2011. *Biomassa forestal per a la producció d'energia tèrmica*. [pdf] Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. DL: B-5814-2011. Disponible a: <[http://www.elfocat.cat/docs/Quadern%20de%20Biomassa\\_final.pdf](http://www.elfocat.cat/docs/Quadern%20de%20Biomassa_final.pdf)>

Garcia, C., 2013. *Estudi de l'aprofitament forestal a la finca de Can Catà (2008-2013)*. Treball de pràctiques de màster, Universitat Autònoma de Barcelona, Departament de Biologia Animal, Vegetal i Ecologia.

ICAEN (Institut Català de l'Energia), 2012. *Pla de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020*. [pdf] Barcelona: Generalitat de Catalunya. Disponible a: <[http://icaen.gencat.cat/web/.content/03\\_planificacio\\_energetica/documents/arxius/20121001\\_pecac.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.content/03_planificacio_energetica/documents/arxius/20121001_pecac.pdf)>.

Heizomat, 2015. *Catálogo calderas 2015*. [pdf] Disponible a: <[http://www.heizomat.de/int/pdfs/Heizomat\\_Heizung\\_ESP.pdf](http://www.heizomat.de/int/pdfs/Heizomat_Heizung_ESP.pdf)>.

Imartec, 2014. *Què és un “District Heating”?*. [en línia] Disponible a:  
<<http://www.imartec.es/que-es-un-district-heating/>> [Consulta: 17 maig 2016].

Innobiomassa, 2011. *Guia per a la promoció de l'ús de la biomassa com a combustible en l'àmbit municipal*. [pdf] Disponible a:  
<[www.forestal.cat/bdds/imatges\\_db/biblioteca/BIBLIOTECA\\_DOCUMENT1\\_4803700013312278.pdf](http://www.forestal.cat/bdds/imatges_db/biblioteca/BIBLIOTECA_DOCUMENT1_4803700013312278.pdf)>.

Meteocerdanyola, 2016 *Observatori Cerdanyola centre. Resums anuals*. [en línia]  
Disponible a: <[http://www.meteocerdanyola.com/resums\\_anuals.htm](http://www.meteocerdanyola.com/resums_anuals.htm)> [Consulta: 28 juny 2016].

Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2016. *Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH)*. [pdf] Generalitat de Catalunya. Disponible a:  
<[http://canviclimatic.gencat.cat/ca/reduceix\\_emissions/guia\\_de\\_calcul\\_demissions\\_de\\_co2](http://canviclimatic.gencat.cat/ca/reduceix_emissions/guia_de_calcul_demissions_de_co2)>

Quercusenergy, 2012. *Astilla forestal Quercus G-30*. [pdf] Disponible a:  
<http://www.quercusenergy.es/wp-content/uploads/2012/10/Quercus-G30.pdf>.

Solanes, X.; Ludevid, A.; Blanch J., 2010. *La Biomassa forestal, una aposta de futur per a Catalunya*. Barcelona: Direcció General del Medi Natural. Servei de Gestió Forestal. ISBN 978-84-3938-489-2. Disponible a:  
<[http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de\\_departament/de10\\_publicacions\\_dar/de10\\_c00\\_altres\\_publicacions\\_divulgacio/documents/fitxers\\_estatics/2010\\_biomassa\\_forestal\\_cat\\_alunya\\_0925\\_2010.pdf](http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de_departament/de10_publicacions_dar/de10_c00_altres_publicacions_divulgacio/documents/fitxers_estatics/2010_biomassa_forestal_cat_alunya_0925_2010.pdf)>.

Vallès, M., 2016. Sala de calderas sin obra civil. *Bioenergy international*, 31, p. 48. ISSN 2254-0903. Disponible a:  
<[https://issuu.com/avebiom/docs/bie\\_31\\_21\\_marzo\\_baja\\_pa\\_ginas](https://issuu.com/avebiom/docs/bie_31_21_marzo_baja_pa_ginas)>.

## Annex A: Càlculs Balanç econòmic

Càlcul de l'estalvi anual pel consum d'estella respecte el gas natural:

			preu estella										
			€/t	100		110		120		130		140	
			€/kWh	0,0332		0,0365		0,0398		0,0431		0,0464	
				€	%	€	%	€	%	€	%	€	%
preu gas natural	-10%	0,0641	16416	44	14658	39	12899	34	11140	30	9382	25	
	preu actual	0,0705	19817	53	18058	48	16299	44	14541	39	12782	34	
	10%	0,0776	23557	63	21798	58	20040	54	18281	49	16522	44	
	20%	0,0846	27298	73	25539	68	23780	64	22021	59	20263	54	
	30%	0,1009	35900	96	34142	91	32383	87	30624	82	28866	77	

$$* \quad 16416 = (0,0641 - 0,0332) * 530251$$

$$** \quad 44 = \frac{37406 - 16416}{37406} * 100$$

consum anual: 53.0251 kWh

Càlcul de l'amortització del sobrecost de la caldera de biomassa respecte una de gas:

		preu estella					
		€/t	100	110	120	130	140
		€/kWh	0,0351	0,0386	0,0421	0,0456	0,0491
preu gas natural	-10%	0,0641	4,5	5,1	5,8	6,8	8,2
	preu actual	0,0705	3,7	4,1	4,5	5,1	5,9
	10%	0,0776	3,1	3,4	3,7	4,0	4,5
	20%	0,0846	2,7	2,8	3,1	3,3	3,6
	30%	0,1009	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5

Fórmula per calcular l'amortització:

$$a = Cr \frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

**a:** amortització; **C:** cost d'adquisició; **n:** anys d'amortització; **r:** interès / 100 = 0,02

Si s'aïlla **n** de l'equació s'obté

$$n = \frac{\ln\left(\frac{a}{a - Cr}\right)}{\ln(1+r)}$$

$$* \quad 4,5 = \frac{\ln\left(\frac{16416}{16416 - 70000 * 0,02}\right)}{\ln(1+0,02)}$$

**16.416:** estalvi anual; **70.000:** sobrecost



Càlcul de l'amortització de la calefacció de districte de biomassa:

			preu estella					
			€/t	100	110	120	130	140
			€/kWh	0,0351	0,0386	0,0421	0,0456	0,0491
preu gas natural	-10%	0,0641	28,1	32,8	39,5	50,0	69,2	
	preu actual	0,0705	22,0	24,8	28,3	33,2	40,1	
	10%	0,0776	17,8	19,6	21,7	24,4	27,8	
	20%	0,0846	15,0	16,2	17,6	19,3	21,4	
	30%	0,1009	11,0	11,6	12,3	13,1	14,0	

$$n = \frac{\ln\left(\frac{a}{a-Cr}\right)}{\ln(1+r)}$$

$$* \quad 28,1 = \frac{\ln\left(\frac{16416}{16416 - 350000 * 0,02}\right)}{\ln(1 + 0,02)}$$